

# DESARROLLO DE UN SISTEMA DE INYECCIÓN DIRECTA PARA MOTORES DE COMBUSTIÓN DE DOS TIEMPOS.

---

PARTE I

**BACHELOR THESIS**

**MIGUEL ALCAÑIZ MARTÍNEZ**

**Semestre de verano de 2011**



Prólogo .....	4
Introducción .....	5
Sistema de inyección .....	7
¿Qué conseguimos con un sistema electrónico de inyección directa?.....	8
Objetivo .....	9
Motor Dolmar.....	10
Características teóricas Motosierra Dolmar 115i.....	11
Proceso de combustión.....	12
Modelo del ciclo termodinámico .....	13
Efecto de la relación de compresión en el rendimiento .....	16
Relación de compresión .....	18
Procesos termofluidodinámicos internos en motores de 2 tiempos.....	19
Transmisión de calor .....	20
Obtención del calor liberado por el proceso de combustión .....	22
Modelo de barrido para un motor con inyección directa .....	24
Trabajo realizado en el banco de pruebas .....	26
Control del motor mediante LabView.....	27
Par/Rendimiento teóricos en función del nº de revoluciones:.....	29
Distancias relevantes entre puntos del conjunto cilindro-pistón. ....	30
Explicación método de cálculo de los datos del motor: .....	32
Ejemplo práctico de toma de datos .....	36
Resultados obtenidos en el banco de pruebas .....	37
Bibliografía .....	38
 ANEXOS .....	 40
Tetra etilo de plomo.....	41
Explicación cálculos movimiento pistón .....	45
Resultados obtenidos en el banco de pruebas .....	48

# Prólogo

---

¿Porqué hacer un proyecto final de carrera sobre motores en Bremen?

Lo primero es la elección de Bremen como destino de mi año en el extranjero. Primeramente tengo que decir que había estado 2 veces anteriormente en Alemania y el país me enamoró.

Además, varios familiares habían realizado su proyecto final de carrera en distintas ciudades de Alemania con un gran recuerdo y recomendación para que yo repitiera.

La elección de Bremen fue debida a la gran amistad que hay entre mi universidad en España, EUITZ Zaragoza, y la universidad de Bremen.

En especial con el Prof. Dr. Ing. Jensen. Varios profesores de mi universidad me habían recomendado la Hochschule Bremen por su nivel y su excelente laboratorio.

Lo segundo, es la elección para mi proyecto final de carrera del tema sobre pequeños motores de dos tiempos, con la singularidad de la inyección directa.

Actualmente, alrededor del 70% de la producción en Alemania gira en torno al sector automovilístico.

En cambio, los pequeños motores han sido menos estudiados y pueden mejorarse, al contrario que los motores de cuatro tiempos, los cuales están ya desarrollados.

Por ello, trabajar en el sector de pequeños motores integrando un sistema de inyección directa como novedad, puede ser un gran avance en este sector para un futuro.

# Introducción

---

La tesis expuesta a continuación, como se han indicado en el prólogo, va a tratar sobre el desarrollo de un sistema de inyección directa para un motor de combustión de dos tiempos.

Supondremos que el lector tiene conocimientos sobre los motores de combustión y también sobre las particularidades de un motor de dos tiempos.

En caso contrario, recomendamos la siguiente biografía como un primer acercamiento al tema que vamos a tratar a continuación:

**Jesús Álvarez Flórez:** *Motores alternativos de combustión interna, Edicions UPC, 2010*

**Miguel de Castro Vicente, Segundo Estévez Somolinos, Juan Miralles de Imperial:** *El motor de dos tiempos, Ediciones CEAC, 1992*

**Miguel de Castro Vicente:** *Inyección de gasolina, Ediciones CEAC, 1988*

**Albert Martín Parera:** *Inyección electrónica en motores diesel, Marcombo Boizareu Editores, 1996*

En los últimos años, la conservación del medio ambiente (CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> y la reducción del ozono) y los temas energéticos se han convertido cada vez en más y más importantes dentro de la conciencia mundial.

En un motor de combustión pobre, el porcentaje de mezcla aire-combustible es extremadamente crítica o importante. Trabajar cerca del límite mínimo de mezcla es necesario para obtener la menor emisión y una mejor economía del combustible.

Hay una gran necesidad para desarrollar algún tipo de nueva tecnología la cuál pueda minimizar la contaminación de estos motores. Se ha demostrado que la inyección directa reduce significativamente las emisiones de hidrocarburos sin quemar a base de temporizar la inyección de combustible del mismo modo que previene el escape de combustible sin quemar por el sistema de salida durante el proceso de recolección de residuos.

Se está construyendo un fiable sistema de inyección electrónico para controlar el motor y evaluar las estrategias de control. La unidad electrónica de control es usada para estimar el ancho de pulso de la señal que tendría que actuar en el inyector de combustible y el comienzo de la entrada de combustible.

En el siguiente proyecto se va a tratar de explicar y/o justificar la elección de un sistema de inyección electrónico, se analizará también el ciclo Otto que realizará nuestro motor y como se puede mejorar su rendimiento mediante la relación de compresión.

Además, se explicará el modelo de barrido y las transferencias de calor que se producen en nuestro sistema de estudio. También se expondrá la obtención del calor liberado en el proceso de combustión.

La elección de estas áreas para su explicación, han sido una decisión personal debido a que en el banco de pruebas, había siempre una estrecha relación entre los datos obtenidos y las temperaturas. Por lo que una obtención de unas temperaturas razonables en el cilindro o en el escape de nuestro motor era tan importante como unos buenos resultados en el rendimiento o en el par desarrollado.

# Sistema de inyección

## ¿Por qué un desarrollo de un sistema de inyección directa?

- a) Para mejorar ecológicamente la utilización del combustible.
- b) Para mejorar el rendimiento utilizando una cantidad menor de combustible.

Actualmente los motores de dos tiempos tienen un buen funcionamiento a una potencia máxima, pero presentan problemas a la hora de trabajar con una potencia mínima, media o sobre-potencia.

También es sabido que cada día son más preocupantes las emisiones de gases y que el futuro está en reducirlas poco a poco.

Estados como el de California (EEUU) tienen delimitadas estas emisiones, por lo que comercializar un producto que respete unas bajas emisiones de gases contaminantes expande su mercado de actuación.

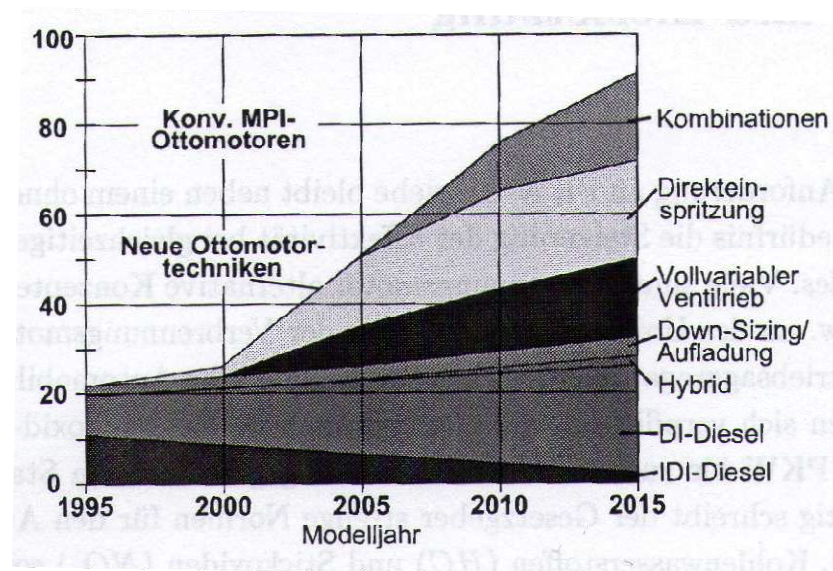


Fig.1: Evolución de los sistemas de inyección directa (Direkteinspritzung) a lo largo de los años. Fuente: [1]

## ¿Qué conseguimos con un sistema electrónico de inyección directa?

Con este sistema hacemos posible una definición exacta del intervalo de tiempo en el cuál hay que suministrar el combustible y el aire, así como el desfase de tiempo entre ellos.

El sistema electrónico controla la inyección directa y de esta forma consigue una máxima eficiencia de nuestro combustible.

La inyección directa está desarrollada para grandes motores de vehículos, por lo que podemos aprovechar estos avances para aplicarlos a nuestro propósito de un pequeño motor de combustión de dos tiempos.



# Objetivo

---

El objetivo de este proyecto es la construcción de un prototipo para el banco de pruebas instalado en Hochschule Bremen.

Para ello utilizaremos un motor de dos tiempos de la empresa Dolmar GmbH, localizada en Hamburgo.

La elección de esta empresa es la cercanía geográfica entre Bremen y Hamburgo y las buenas relaciones entre ambas instituciones.

Gracias a ello, es mucho más fácil la obtención de nuevas piezas si hay algún fallo, así como toda la información relativa al motor.

El motor utilizado es un motor Dolmar 115i.

Las características son mostradas en la página siguiente.

# Motor Dolmar

---



---

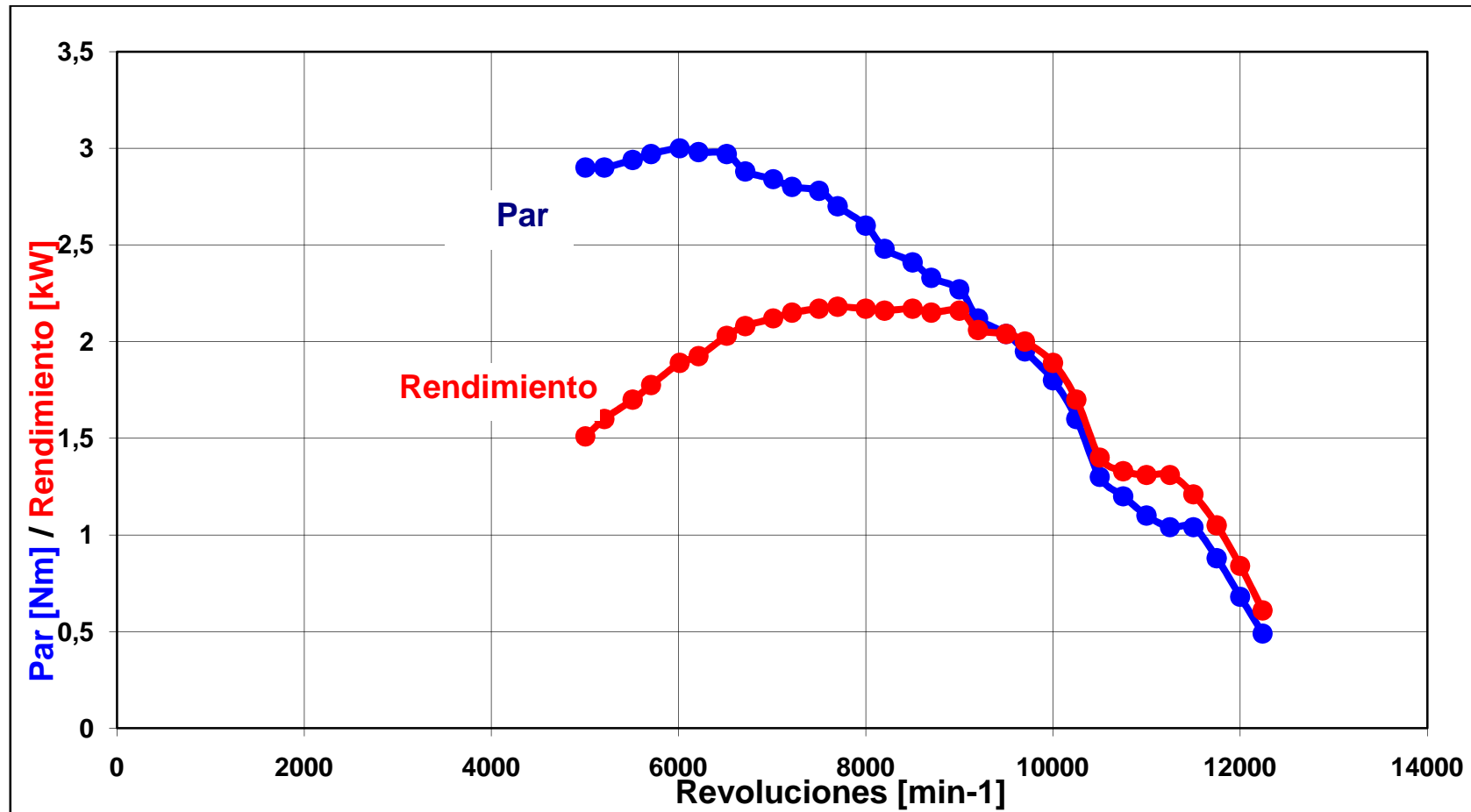
## DATOS TÉCNICOS

Capacidad	52 cm <sup>3</sup>
Rendimiento	2,7 kW – 3,7 PS <sup>1</sup>
Peso del motor	5,1 kg
Capacidad del tanque de combustible	0,56 l
Capacidad del tanque de aceite	0,28 l
Amortiguación de vibraciones	Si
Tensión en la cadena	Estándar
Bomba de aceite automática	Si
Nivel acústico	101,0 dB(A)
Nivel acústico	110,0 dB(A)
K-Factor (RL2006/42/EG)	2,5 dB(A)
Vibración ( parte delantera )	5,9 m/s <sup>2</sup>
Vibración ( parte trasera )	5,2 m/s <sup>2</sup>
K-Factor (RL2006/42/EG)	2,0 m/s <sup>2</sup>

---

<sup>1</sup> PS = Pferde Starker = Caballo de potencia.

# Características teóricas Motosierra Dolmar 115i



# Proceso de combustión

En un diagrama típico de energía liberada para un motor diesel de inyección directa podemos identificar tres fases principales: tiempo de retraso, fase de combustión premezclada y fase de combustión por difusión.

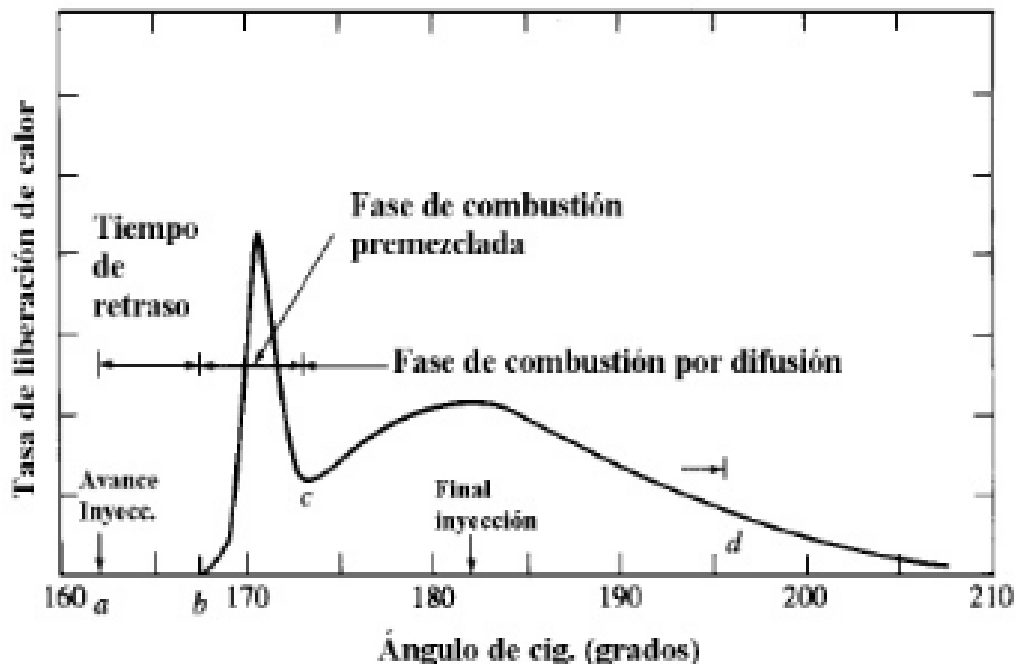
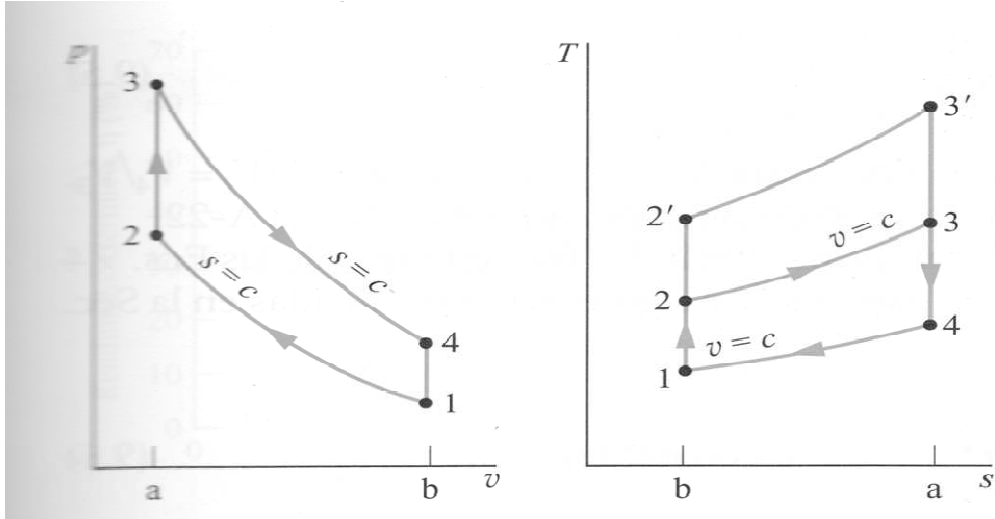


Fig. 2 : Curva típica de liberación de calor aparente de un motor diesel de inyección directa identificando las 3 fases de la combustión [11]

- 1) **Tiempo de retraso (a-b):** Es el tiempo o ángulo que transcurre desde que se inyecta el combustible hasta que se inicia la combustión.
- 2) **Fase de premezcla o combustión rápida (b-c):** Combustión de aquellas zonas en las que durante el tiempo de retraso se alcanzó una mezcla dentro de los límites de inflamabilidad entre el combustible y el aire. Se caracteriza por ser un pico agudo y estrecho. (ver figura)
- 3) **Fase de combustión por difusión (c-d):** La tasa de quemado está controlada por el tiempo de formación de mezcla entre el vapor de combustible y el aire, más que por el tiempo de reacción química. Esta fase se da justo después de la anterior, cuando se han consumido las zonas de la premezcla.

# Modelo del ciclo termodinámico

El ciclo Otto es un ciclo ideal que supone que la absorción de calor ocurre instantáneamente mientras que el pistón está en el PMS.



Se suponen unos conceptos básicos sobre este ciclo y sus procesos. En caso contrario se recomienda leer el capítulo 9 de [10]. Mirar bibliografía.

$$\frac{W_{ab}}{m} = u_b - u_a$$

$$\frac{W_{cd}}{m} = u_c - u_d ;$$

$$\frac{Q_{bc}}{m} = u_c - u_b$$

$$\frac{Q_{da}}{m} = u_d - u_a$$

$$\frac{W_{ciclo}}{m} = \frac{W_{bc}}{m} - \frac{W_{da}}{m} = (u_c - u_d) - (u_b - u_a)$$

$$\frac{W_{ciclo}}{m} = \frac{Q_{bc}}{m} - \frac{Q_{da}}{m} = (u_c - u_d) - (u_b - u_a)$$

$$\eta = \frac{(u_c - u_b) - (u_d - u_a)}{(u_c - u_b)} = 1 - \frac{(u_d - u_a)}{(u_c - u_b)}$$

Para los procesos isoentrópicos 1-2 y 3-4 se pueden aplicar las siguientes relaciones:

$$v_{r2} = v_{r1} \frac{V_2}{V_1} = \frac{v_{r1}}{r}$$

$$v_{r4} = v_{r3} \frac{V_4}{V_3} = r v_{r3}$$

Donde  $r$  representa la relación de compresión. El parámetro  $v_r$  está tabulado en la tabla XX de los anexos.

Si analizamos el ciclo Otto con aire-estándar frío, podemos utilizar las siguientes expresiones:

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{k-1} = r^{k-1}$$

$$\frac{T_4}{T_3} = \left(\frac{V_3}{V_4}\right)^{k-1} = \frac{1}{r^{k-1}}$$

Donde  $k$  es la relación de calores específicos,  $k = c_p/c_v$

En la figura 6 se observa el diagrama presión-desplazamiento como puede observarse en un osciloscopio. Con la válvula de admisión abierta, el pistón realiza una carrera de admisión para aspirar una nueva carga de mezcla hacia el cilindro.

Para motores de encendido por chispa la carga es una mezcla de combustible y aire, mientras que en motores de encendido por compresión la carga es sólo aire.

A continuación con ambas válvulas cerradas, el pistón realiza la carrera de compresión, aumentando la temperatura y presión de la carga.

Esto exige que el pistón aporte un trabajo al contenido del cilindro. Entonces se inicia el proceso de combustión (ambas válvulas cerradas), de lo que resulta una mezcla de gases a alta presión y alta temperatura.

La combustión se induce cerca del final de la carrera de compresión mediante la bujía en el caso de motores de encendido por chispa.

A la carrera de compresión le sigue una carrera de trabajo. En ella la mezcla de gases se expande y cede trabajo al pistón que vuelve al PMI. El pistón ejecuta entonces la carrera de escape en la cual los gases de combustión son evacuados del cilindro al exterior a través de la válvula de escape.

En motores de 2 tiempos, como es el caso de estudio de este proyecto, la admisión, compresión, expansión y escape se llevan a cabo en una revolución de cigüeñal. Aunque los MCIA experimentan un ciclo mecánico, el contenido del cilindro no ejecuta un ciclo termodinámico, pues la materia se introduce con una composición y se descarga después con una composición diferente.

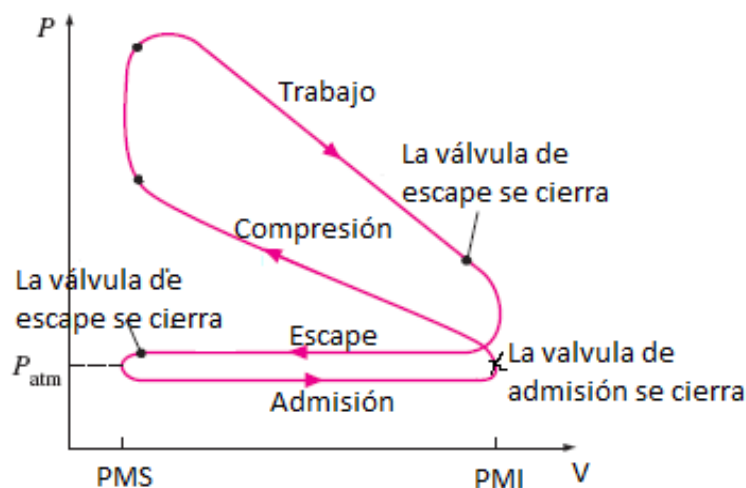


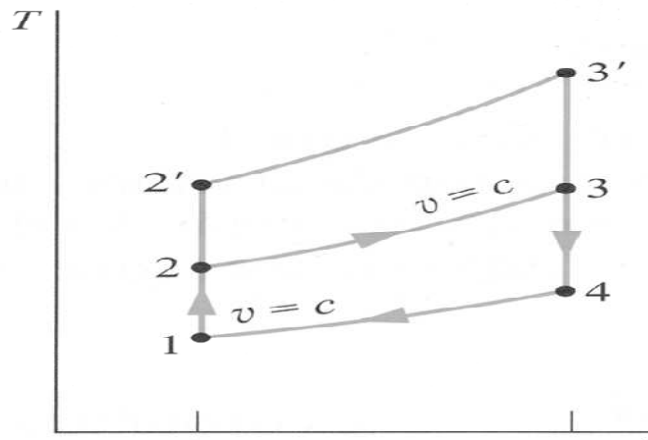
Fig.4: Diagrama p-V para un MCIA. Fuente: [10]

### Efecto de la relación de compresión en el rendimiento

Se observa en el diagrama T-s de la fig. XX que el rendimiento térmico aumenta cuando aumenta la relación de compresión.

Dado que la temperatura media de absorción de calor es mayor en el segundo ciclo y ambos tienen idéntica cesión de calor, el ciclo 1-2'-3'-4-1 debe tener mayor rendimiento térmico.

Para  $C_v$  constante, tenemos la ecuación:



10]

$$\eta = 1 - \frac{C_v(T_4 - T_1)}{C_v(T_3 - T_2)}$$

Reordenando:

$$\eta = 1 - \frac{T_1}{T_2} \left( \frac{\frac{T_4}{T_1} - 1}{\frac{T_3}{T_2} - 1} \right)$$

$$T_4/T_1 = T_3/T_2$$

Por lo que:

$$\eta = 1 - \frac{T_1}{T_2}$$



$$\eta = 1 - \frac{1}{r^k - 1}$$

Esta ecuación nos indica que para un ciclo Otto de aire-estándar frío, el rendimiento térmico es una función de la relación de compresión solamente.

En la siguiente figura se puede observar esta relación para  $k=1.4$

Por lo que se puede afirmar que para motores de combustión interna, es bueno tener relaciones de compresión altas.

Después de que la bujía ha encendido una porción de la mezcla combustible-aire la elevación de presión que acompaña a la combustión comprime el resto de la carga.

La autoignición puede ocurrir si la temperatura de la mezcla no quemada es demasiado elevada antes de que sea alcanzada y consumida por el frente de llama.

Puesto que durante la carrera de compresión la temperatura conseguida por la mezcla aire-combustible crece cuando aumenta la relación de compresión la probabilidad de autoignición ocurre más frecuentemente cuando crece dicha relación de compresión.

La autoignición provoca ondas de alta presión en el cilindro (manifestadas por un picado o golpeteo) que produce pérdidas de potencia, además de averías en el motor.

Si se añade tetraetil-plomo a la formulación del combustible, su resistencia a la autoignición aumenta incluso a relaciones de compresión relativamente altas.

*Se adjunta en un Anexo las propiedades físicas y químicas del tetraetilo de plomo.*

Las gasolinas sin plomo son muy utilizadas hoy en día por razones medioambientales que exigen reducir la contaminación del aire. Esto limita las relaciones de compresión, en motores de encendido por chispa, a 9 aproximadamente.

En motores de encendido por compresión se pueden alcanzar relaciones de compresión más altas ya que el aire se comprime aisladamente.

Son típicas las relaciones de compresión en un rango de 12 a 20. En motores de encendido por compresión también se pueden utilizar combustibles menos refinados que tienen temperaturas de ignición más altas que los combustibles volátiles utilizados en motores de ignición por chispa.

## Relación de compresión

La relación de compresión en un motor de combustión interna es el número que permite medir la proporción en que se ha comprimido la mezcla de aire-combustible (ciclo Otto) o el aire (ciclo Diesel) dentro de la cámara de combustión de un cilindro.

Se utiliza la siguiente fórmula para calcular su valor:

$$RC = \frac{\left(\frac{\pi}{4} * d^2 * s + V_c\right)}{V_c}$$

Donde:

d= diámetro del cilindro

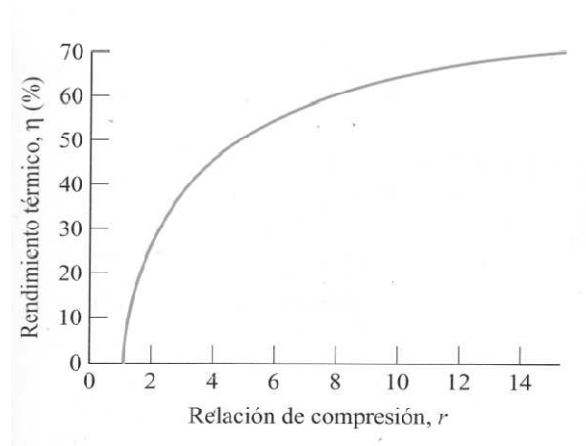
s = carrera del pistón desde PMS a PMI

V<sub>c</sub> = volumen de la cámara de combustión

RC = relación de compresión (adimensional )

En la siguiente figura podemos observar la relación entre el rendimiento térmico y la relación de compresión para  $k = 1.4$ .

Se observa que a mayor relación de compresión, mayor rendimiento térmico.



nte: [10]

# Procesos termofluidodinámicos internos en motores de 2 tiempos

---

El proceso de combustión en un motor de combustión interna es el responsable tanto del rendimiento o potencia que dará nuestro motor, como de la cantidad de gases contaminantes que expulse a la atmósfera.

Por lo tanto, controlando este proceso de combustión, podríamos tener controladas estas 2 características básicas de nuestro motor.

Desgraciadamente, el proceso de renovación de los gases que se encuentran dentro, es un aspecto realmente importante. Es por ello, que los sistemas de admisión y de escape juegan un papel fundamental a la hora de estudiar un motor.

Definiremos como proceso de barrido a *el periodo en el que las lumbreras de transferencia y escape se encuentran simultáneamente abiertas y se lleva a cabo la sustitución de los gases quemados procedentes de la combustión por mezcla fresca.*

Las características que debemos buscar para un buen funcionamiento son:

- Una presión en el escape menor que en el cilindro, para favorecer el proceso de barrido en la salida de los gases.
- Una presión de escape igual que en el cilindro, cuando los gases han sido reemplazados, para que no salga mezcla fresca por el sistema de escape.

Además, de forma más general:

- Una presión en el cárter superior a la del cilindro cuando las lumbreras estén abiertas, para que entre la mezcla fresca.
- Una presión en la admisión superior al cárter cuando este abierto el dispositivo que los une a ambos.

# Transmisión de calor

---

La transmisión de calor entre el gas y el cilindro en un motor de combustión interna alternativo es realmente importante.

Las prestaciones del motor, tales como el par o el rendimiento, o las emisiones contaminantes y las cargas térmicas están estrechamente relacionadas con las transmisiones de calor.

Como veremos en los informes recogidos al final de la tesis, hay test en los que obtenemos unos resultados muy buenos, pero las altas temperaturas en el escape, la bujía o el cilindro hacen que no sean viables los parámetros de inicio.

Probablemente, el cálculo de las transferencias de calor dentro del cilindro sea uno de los aspectos más complicados de estudio en esta área. Se presentan cambios no uniformes y rápidos de temperatura y velocidad.

Este problema de transmisión de calor, podremos dividirlo en 2 partes:

- 1) Transmisión de calor entre las paredes y el refrigerante: Más sencillo ya que debido al alto giro del motor, las fluctuaciones solo penetran uno o dos milímetros en la pared del cilindro y se convierte en un problema estacionario. Este problema se intentará solucionar mediante la ley de Newton donde el coeficiente de película (  $h$  ) se obtiene con correlaciones experimentales que son fruto de multitud de ensayos en motores. Se usará la ecuación:

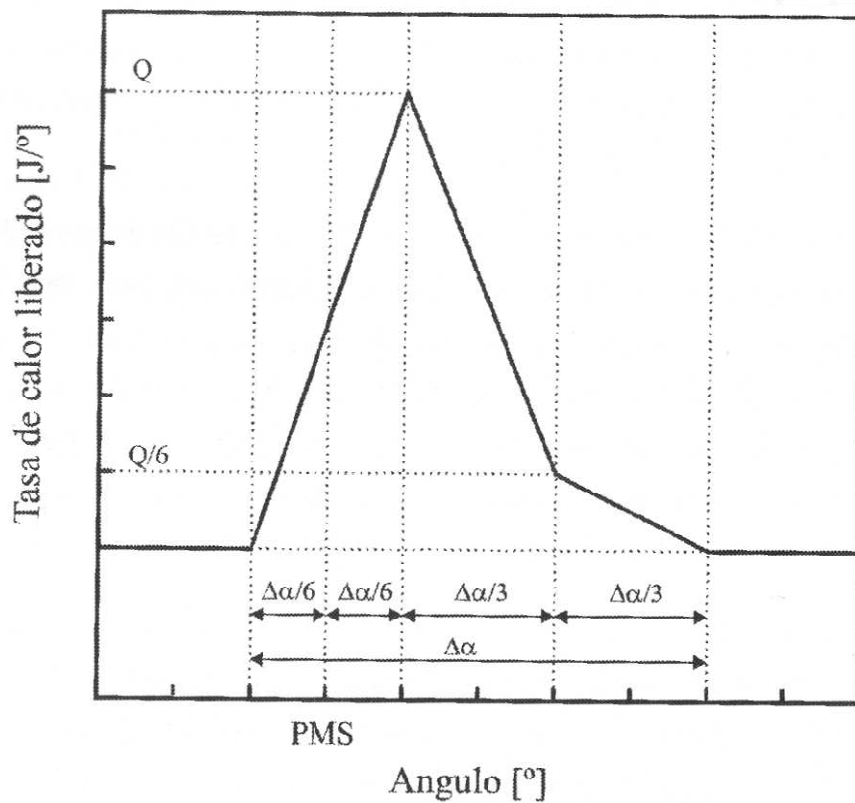
$$\dot{Q} = h A \Delta T$$

*El calor por unidad de superficie es proporcional a la diferencia de temperaturas entre el gas y la pared.*

Para más información acerca de este modelo y las diferentes soluciones aportadas por diversos autores, se recomienda la siguiente bibliografía: [6,7,8,9]

## 2) Transmisión de calor dentro del cilindro:

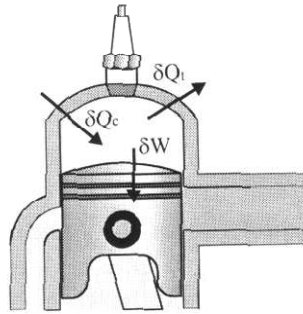
Para el cálculo de esta transmisión de calor, las soluciones se basan en la conservación de la energía para la masa encerrada en el cilindro. Es un método en inicio sencillo, ya que se basa en un principio clásico de la Termodinámica. Se necesita para aplicar este principio la ley de liberación de calor originada en el proceso de combustión. Sus autores son Franco y Martorano, y se basan en la ley de Blair [7]. Se basa en tres tramos rectos como se puede ver en la figura.



por Blair [7]

# Obtención del calor liberado por el proceso de combustión

Partiremos del cilindro de la figura X, donde un giro del cigüeñal ha provocado un cambio de volumen en el cilindro de  $V_1$  a  $V_2$ . Estos volúmenes dependen del ángulo girado y de la geometría del motor, por lo que son conocidos.



ón

Durante este intervalo de tiempo, tendremos una variación entre el estado 1 inicial y el estado 2 final de la presión, la energía interna y la temperatura. Tendremos una liberación de calor  $\delta Q_c$ , y una parte de este calor, que se irá a las paredes del cilindro y pistón,  $\delta Q_t$ . Además, obviamente, el pistón realizará un trabajo  $\delta W$ .

El primer principio de la Termodinámica comentado anteriormente quedaría así:

$$\delta Q_c - \delta Q_t = U_2 - U_1 + \delta W \quad [\text{ec. 1}]$$

El cambio de energía interna podremos calcularlo como:

$$U_2 - U_1 = m c_v (T_2 - T_1) \quad , \quad [10]$$

Sustituyendo en la ecuación anterior y teniendo en cuenta la ecuación de los gases perfectos y la relación de Mayer, obtendremos:

$$U_2 - U_1 = \frac{p_2 V_2 - p_1 V_1}{\gamma - 1}$$

El trabajo realizado por el pistón será:

$$\delta W = p \delta V \approx \frac{p_1 + p_2}{2} (V_2 - V_1)$$

Por lo cual, la ecuación 1 quedará de la siguiente forma:

$$\delta Q_c - \delta Q_t = U_2 - U_1 + \delta W$$

$$\delta Q_c - \delta Q_t = \frac{p_2 V_2 - p_1 V_1}{\gamma - 1} + \frac{p_1 + p_2}{2} (V_2 - V_1)$$

Por lo cual, la obtención del calor liberado durante la combustión a partir de la presión registrada en el cilindro queda sujeta a la determinación del calor transmitido por el gas hacia las paredes del pistón, cilindro y culata.

# Modelo de barrido para un motor con inyección directa

En un motor convencional se introduce al cilindro una mezcla homogénea mientras que mediante la inyección directa, inyectamos aire y combustible de forma separada. Como es normal, aire y combustible tienen características muy diferentes entre sí, lo cual lo podemos observar en la siguiente gráfica.

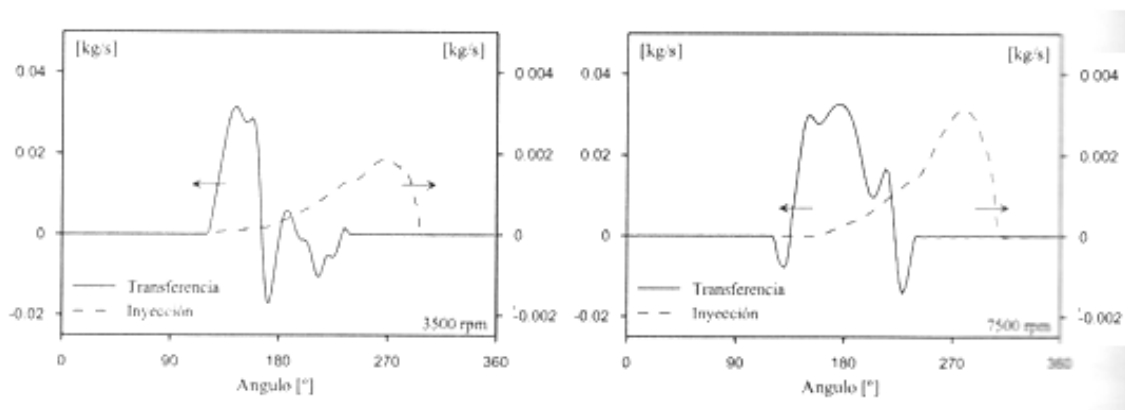


Fig. 9: Gastos máxicos entrantes al cilindro a plena carga

## Ubicación angular:

Son características el comienzo de la entrada de la admisión al cilindro y su duración. Variables que nosotros controlaremos mediante software LabView.

Es importante saber que parte del proceso de inyección ocurre con la lumbrera de escape abierta.

## Magnitud del gasto:

La cantidad de masa total que entra por el conducto de inyección es unas siete veces menor que la masa total por las lumbreras de transferencia, para proporcionar el dosado requerido. Esta es la causa de que haya un arrastre de la corriente inyectada a favor del campo de velocidades de la corriente de aire.

## Diseño de la entrada

El campo de velocidades que forme la corriente de aire en el interior del cilindro, que arrastrará la masa inyectada, dependerá en gran medida del diseño adoptado por las lumbreras de transferencia. Un diseño apropiado favorecerá el proceso de mezcla.



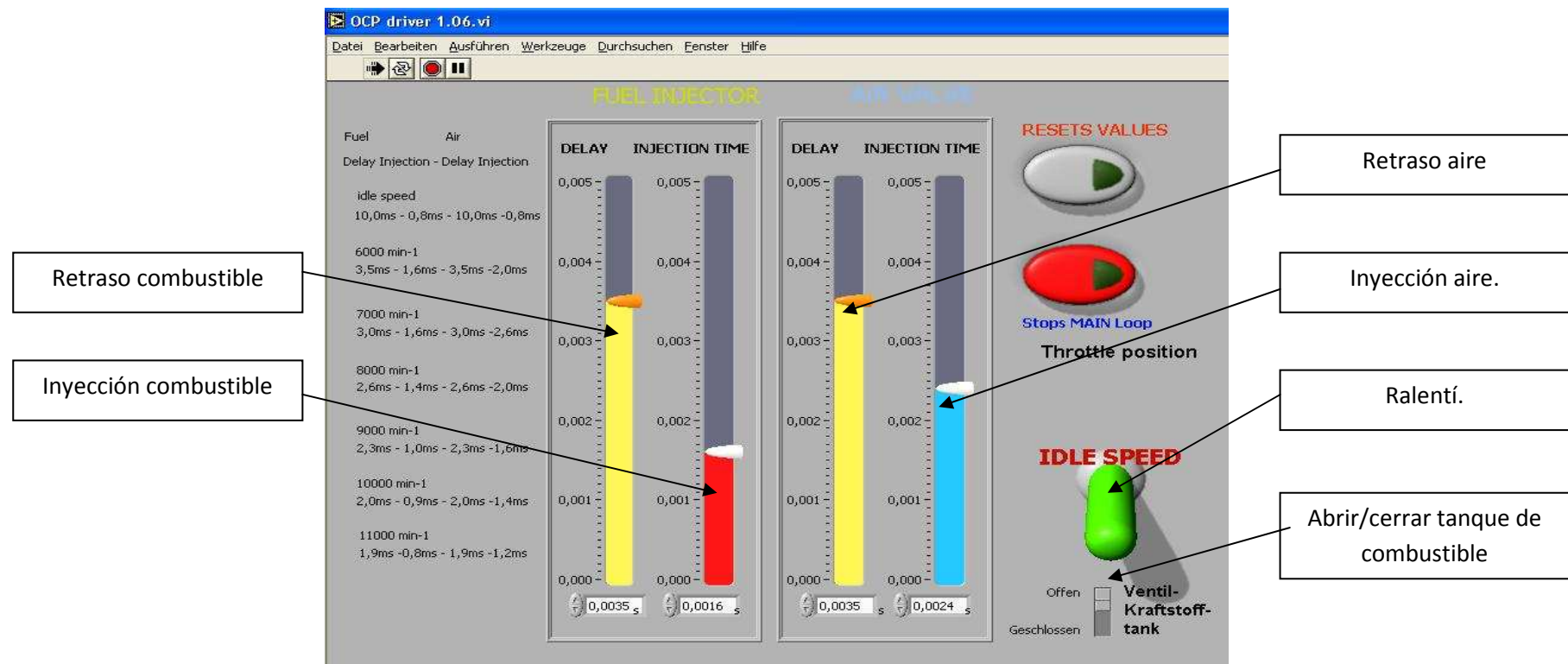


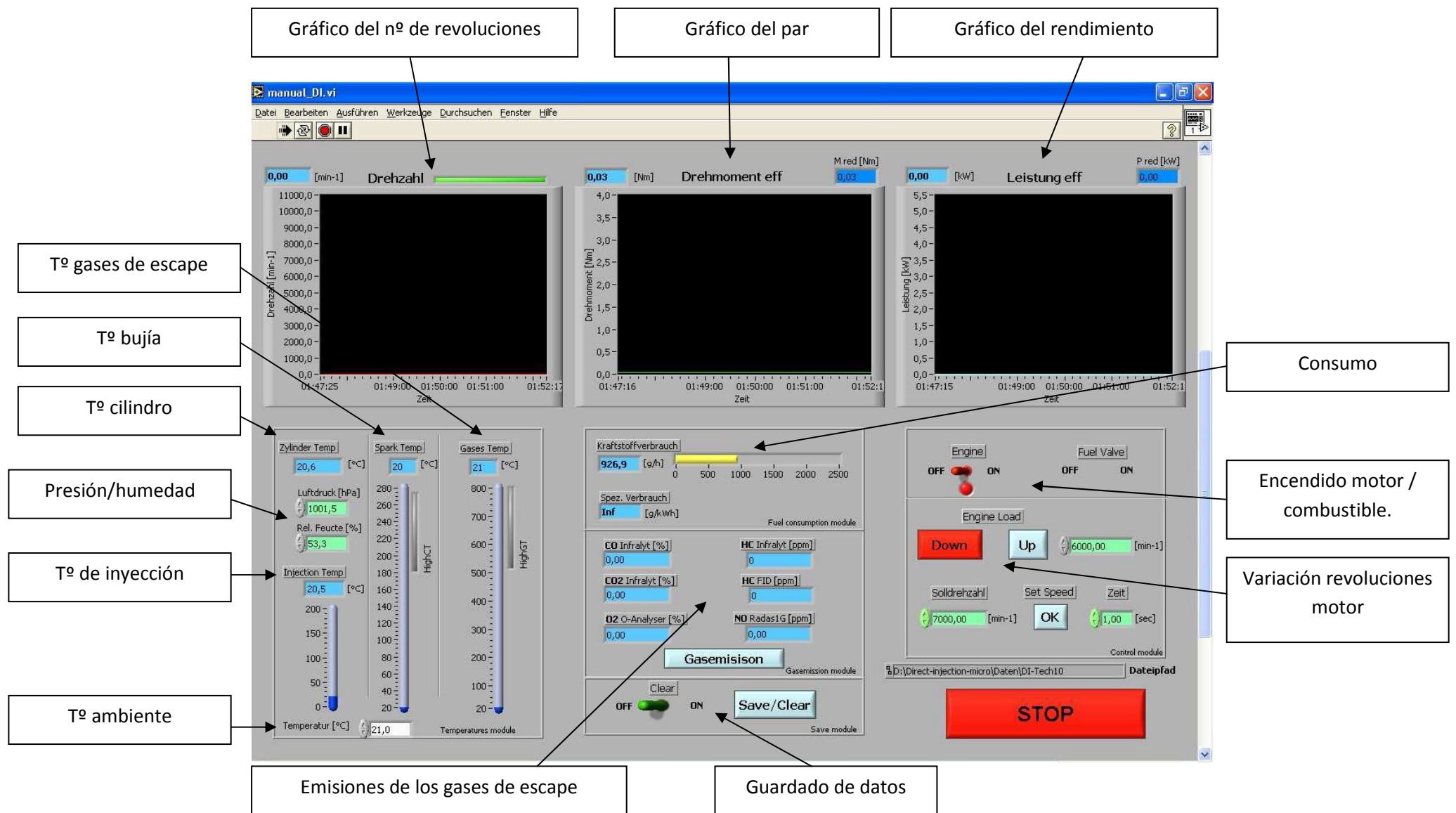
## Trabajo realizado en el banco de pruebas

---

# Control del motor mediante LabView

Mediante un programa creado por LabView, podemos manejar los parámetros que queremos modificar en el comportamiento de nuestro motor. Podemos modificar el retraso y el tiempo de inyección tanto del combustible como del aire:





**Par/Rendimiento teóricos en función del nº de revoluciones:**

<b>Nº revoluciones[min-1]</b>	<b>Par [Nm]</b>	<b>Rendimiento [kW]</b>
6000	3.0	1.9
7000	2.8	2.1
8000	2.6	2.2
9000	2.3	2.2
10000	1.9	1.9
11000	1.0	1.3
12000	0.7	0.9

## Distancias relevantes entre puntos del conjunto cilindro-pistón.

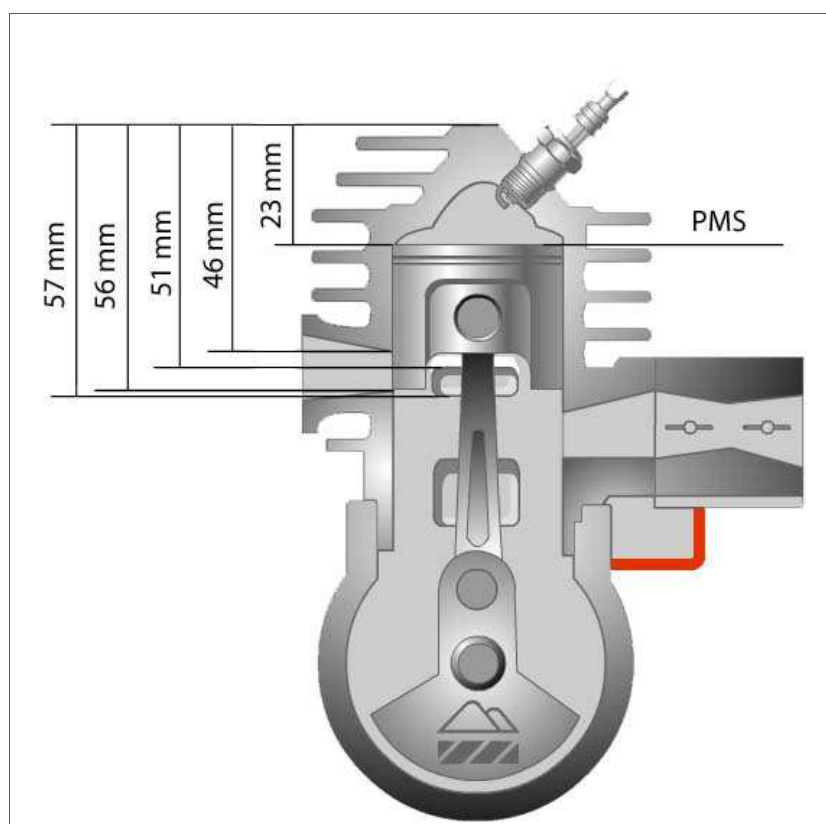


Fig. 10 : Distancia entre la cabeza del cilindro y los distintos puntos significativos del conjunto cilindro-pistón.

Punto	Denominación	Medida entre la cabeza del cilindro y el punto estudiado <sup>2</sup>	Medida entre el PMS y el punto estudiado <sup>3</sup>
Nº 1	Punto muerto superior	23 mm	0 mm
Nº 2	Cara superior orificio de salida	46 mm	23 mm
Nº 3	Cara superior entrada de combustible	51 mm	28 mm
Nº 4	Parte inferior orificio de salida	56 mm	33 mm
Nº 5	Cara inferior entrada de combustible	57 mm	34 mm

<sup>2</sup> Distancias que se pueden observar en la figura nº X.

<sup>3</sup> Distancias utilizadas en la tabla de la siguiente página.

					Revoluciones n									
Posición del cilindro			X <sub>k</sub> [mm]	ϕ [°]	t en [ms] en función de ϕ,n	3000	5000	6000	7000	8000	9000	10000	11000	12000
PMS			0,00	0,0		0	0	0	0	0	0	0	0	0
De PMS a PMI	Parte superior orificio de salida		23,00	102,6		5,70	3,42	2,85	2,44	2,14	1,90	1,71	1,55	1,43
	Parte superior entrada de combustible		28,00	123,2		6,84	4,11	3,42	2,93	2,57	2,28	2,05	1,87	1,71
	Parte inferior orificio de salida		33,00	156,8		8,71	5,23	4,36	3,73	3,27	2,90	2,61	2,38	2,18
	Parte inferior entrada de combustible		34,00	180,0		10,00	6,00	5,00	4,29	3,75	3,33	3,00	2,73	2,50
De PMI a PMS	Parte inferior entrada de combustible		34,00	180,0		10,00	6,00	5,00	4,29	3,75	3,33	3,00	2,73	2,50
	Parte inferior orificio de salida		33,00	203,2		11,29	6,77	5,64	4,84	4,23	3,76	3,39	3,08	2,82
	Parte superior entrada de combustible		28,00	236,8		13,16	7,89	6,58	5,64	4,93	4,39	3,95	3,59	3,29
	Parte superior orificio de salida		23,00	257,4		14,30	8,58	7,15	6,13	5,36	4,77	4,29	3,90	3,58
Compresión aprox. a 5 bar			9,63	305,0		16,94	10,17	8,47	7,26	6,35	5,65	5,08	4,62	4,24
Ciclo competo				360,0		20,00	12,00	10,00	8,57	7,50	6,67	6,00	5,45	5,00
Cálculo de la cantidad de combustible			µg		1,5	3,67	3,06	2,62	2,50	2,41	2,17	1,97	1,81	
Tiempo teórico [ms]					0,8	1,85	1,6	1,5	1,25	1,2	1,05	1	0,9	
Consumo real														
Válvula de combustible			Retraso [ms]	10,0	3,5		3,0	2,6	2,3	2,0				
Válvula de combustible			Inyección [ms]	0,8	1,6		1,6	1,4	1,0	0,9				
Válvula de aire			Retraso [ms]	10,0	3,5		3,0	2,6	2,3	2,0				
Válvula de aire			Inyección [ms]	0,8	2,0		2,6	2,0	1,6	1,4				

Tabla nº1: Tiempo que tarda el pistón en llegar a las distintas posiciones del cilindro en función del número de revoluciones y del ángulo girado.

# Explicación método de cálculo de los datos del motor:

---

## 1) Comprobar todos los parámetros del ensayo mediante la Checklist:

### Nr.: Tätigkeit

- 1 Stecker 'Bremse' vor der Tür links einstecken
- 2 Stecker 'Fuel' vor Tür der links einstecken
- 3 Controller für Magtrol-Bremse einschalten
- 4 Steckerleiste über dem PC einschalten
- 5 Rechner / Bildschirm starten
- 6 Brandschutzklappe am Abluftventilator öffnen Hebel gibt das Schild 'AUF' frei
- 7 Brandschutzklappe am Abgasventilator kontrollieren Hebel gibt das Schild 'AUF' frei
- 8 Umwälzpumpe für die Kühlung der Bremse am Schalter über dem Tank einschalten
- 9 Abgasventilator durch den Schalter am Pfeiler einschalten
- 10 Druckluftventil links vor der Tür öffnen
- 11 Versorgungsspannung 24V am Netzgerät 'Powertronic' einschalten
- 12 Versorgungsspannung 12V am Netzgerät 'Manson' einschalten
- 13 Kraftstoffvorrat im Hochtank überprüfen
- 14 Kraftstoffventil manuell auf 'AUF'
- 15 LabVIEW-Programm 'manual\_DI.vi' aufrufen
- 16 Programm starten
- 17 Umgebungsdruck, relative Feuchte und Umgebungstemperatur eingeben
- 18 Solldrehzahl neben der taste 'UP' auf die Solldrehzahl einstellen
- 19 Über die Taste 'UP' die Bremse auf die gewählte Drehzahl einschalten
- 20 LabVIEW-Programm 'OCP driver 1.04.vi' aufrufen
- 21 counter auf 1 im LabVIEW-Programm einstellen
- 22 Programm starten
- 23 Delay und Dauer einstellen
- 24 Reset-Taste zweimal betätigen
- 25 Drehzahlmesser am Prüfstand einschalten
- 26 Kurzschlußschalter am Objekt auf 'I' schalten
- 27 Kurzschlußschalter am 19" Rack auf 'ON' schalten
- 28 Kraftstoffpumpe am Stecker 'Kraftstoffpumpe' starten
- 29 Ölpumpe am Stecker 'Ölpumpe' starten
- 30 Motor über das Handstartseil am Objekt starten
- 31 Messwerte über die Taste 'Save' speichern

Tabla nº 2: Cheklist banco de puebas



- 2) Comprobar agua, aire, electricidad, combustible y aceite.
- 3) Encendido del software LabView.
- 4) Arranque del motor.
- 5) Motor en ralentí ( Leerlauf )
- 6) Introducción de los parámetros deseados: Retraso combustible, inyección combustible, retraso aire, inyección de aire.
- 7) Envío de datos al motor mediante el programa LabView.
- 8) Grabación de datos durante el funcionamiento del motor
- 9) Motor en ralentí ( Leerlauf)
- 10) Grabación de datos en ralentí.
- 11) Nueva modificación de parámetros: retraso combustible, inyección de combustible, retraso aire, inyección de aire.
- 12) Nueva toma de datos.

13) Una vez que se hayan tomado todos los datos deseados, abrimos el archivo .txt donde LabView ha guardado los resultados.

Q27																
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1																
2		0,093	0,05	0	19,926	20,688	20,033	20,076	-1,172	3417,3320						
3		406,8	0,1	0	36,361	40,255	25,06	34,939	1935,86	3417,3320						
4		2888,53	1,09	0,65	57,091	115,28	35,925	55,81	250,019	3417,3320						
5		5999,76	3,5	2,2	101,35	331,14	51,944	105,42	787,274	3417,3320						
6		6000,54	3,41	2,14	129,5	416,58	97,49	165,01	905,849	3417,3320						
7		5999,68	3,25	2,04	145,19	446,69	125,82	185,88	915,642	3417,3320						
8		6000,08	3,27	2,06	149,18	465,1	134	190,75	918,205	3417,3320						
9		6000,77	3,26	2,05	151,75	465,28	140,61	194,5	920,888	3417,3320						
10		5998,78	3,25	2,04	157,41	490,75	148,46	199,26	923,738	3417,3320						
11		6000,52	3,22	2,02	161,76	547,18	155,43	202,83	925,73	3417,3320						
12		5999,9	3,16	1,99	164,36	569,73	160,54	206,26	931,608	3417,3320						
13		5999,68	3,11	1,95	165,03	599,97	164,28	209,31	930,148	3417,3320						
14		5999,73	3,13	1,96	167,57	642,43	166,93	210,89	931,39	3417,3320						
15		5995,5	3,22	2,02	167,77	664,12	167,78	211,87	932,442	3417,3320						
16		5376,47	1,94	1,21	167,16	565,82	167,95	211,51	898,234	3417,3320						
17		1035,26	0,12	0,01	114,38	147,86	130,08	133,16	224,692	3714,3320						
18		3432,7	1,45	0,88	91,532	157,83	95,473	99,183	273,806	3714,3320						
19		5999,46	3,44	2,16	113,74	312,21	95,81	121,16	741,259	3714,3320						
20		6000,63	3,38	2,12	131,17	386,06	105,46	152,47	920,863	3714,3320						
21		6000,44	3,32	2,09	141,47	428,43	119,16	172,83	938,654	3714,3320						
22		6000,81	3,3	2,08	150,08	518,23	135,65	188,06	936,583	3714,3320						
23		6000,86	3,2	2,01	158,89	640,8	149,25	200,11	940,235	3714,3320						
24		5998,33	3,17	1,99	163,44	744,85	156,15	206,9	940,283	3714,3320						
25		5844,26	2,4	1,5	163,71	725,75	158,38	209,42	939,684	3714,3320						
26		1528,7	0,15	0,03	138,81	266,25	155,21	173,4	245,762	3714,3320						
27		3571,27	1,59	0,97	113,49	236,77	134,06	136,85	285,061	3714,3320						
28		3750,35	1,04	0,61	123,43	243,35	132,54	150,63	514,368	3714,3320						
29		70,686	0,09	0	94,521	48,441	99,09	95,202	10,153	3714,3320						
30		0,236	0,06	0	58,697	30,944	60,537	55,9	0,025	3320,3320						
31		243,64	0,14	0,04	47,43	36,677	46,369	45,888	550,441	3320,3320						
32		5999,62	3,58	2,25	94,054	298,87	56,314	95,17	780,921	3320,3320						

14) Se copia a una tabla Excel.

V31																
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1	Ger 1151	S/N :	3E+05	Einstellungen:												
2	Umgebungstemperatur :	24,0														
3	Umgebungsdruck :	1009														
4	rel. Feuchte :	51,6														
5	Dat :	22/06/2011														
6	Nr.:	Drehzahl	Drehmon	Leistun	Zündkerze	Abgas	Einspritz	Zylinder	Kraftstoff	b e						Bemerkungen
7		[min-1]	[Nm]	[kW]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[g/h]	[g/kwh]						(Startverhalten. Motorlauf)
11		406,8	0,103	0,004	36,361	40,255	25,06	34,939	1935,86	483965	3417,3320					
12		2888,53	1,087	0,647	57,091	115,275	35,925	55,81	250,019	386,43	3417,3320					
13	1	5999,76	3,501	2,2	101,353	331,136	51,944	105,42	787,274	357,85	3417,3320					
14		6000,54	3,409	2,142	129,496	416,583	97,49	165,014	905,849	422,9	3417,3320					
15		5999,68	3,254	2,044	145,193	446,688	125,82	185,875	915,642	447,97	3417,3320					
16		6000,08	3,274	2,057	149,175	465,1	134	190,753	918,205	446,38	3417,3320					
17		6000,77	3,262	2,05	151,754	465,277	140,61	194,504	920,888	449,21	3417,3320					
18		5998,78	3,253	2,044	157,406	490,749	148,46	199,255	923,738	451,93	3417,3320					
19		6000,52	3,216	2,021	161,758	547,181	155,43	202,826	925,73	458,06	3417,3320					
20		5999,9	3,161	1,986	164,36	569,732	160,54	206,257	931,608	469,09	3417,3320					
21		5999,68	3,108	1,952	165,026	599,969	164,28	209,311	930,148	476,51	3417,3320					
22		5999,73	3,126	1,964	167,572	642,434	166,93	210,886	931,39	474,23	3417,3320					
23		5995,5	3,219	2,021	167,773	664,124	167,78	211,868	932,442	461,38	3417,3320					
24		5376,47	1,941	1,208	167,162	565,824	167,95	211,514	898,234	743,57	3417,3320					
25		1035,26	0,116	0,013	114,383	147,859	130,08	133,16	224,692	17284	3714,3320					
26		3432,7	1,45	0,88	91,532	157,829	95,473	99,183	273,806	311,14	3714,3320					
27	2	5999,46	3,438	2,16	113,74	312,214	95,81	121,157	741,259	343,18	3714,3320					
28		6000,63	3,379	2,123	131,173	386,063	105,46	152,473	920,863	433,76	3714,3320					
29		6000,44	3,322	2,087	141,472	428,429	119,16	172,828	938,654	449,76	3714,3320					
30		6000,81	3,302	2,075	150,08	518,229	135,65	188,056	936,583	451,37	3714,3320					
31		6000,86	3,203	2,013	158,891	640,801	149,25	200,11	940,235	467,08	3714,3320					
32		5998,33	3,171	1,992	163,44	744,851	156,15	206,902	940,283	472,03	3714,3320					
33		5844,26	2,397	1,502	163,709	725,747	158,38	209,423	939,684	625,62	3714,3320					
34		1528,7	0,151	0,026	138,808	266,251	155,21	173,401	245,762	9452,4	3714,3320					
35		3571,27	1,593	0,967	113,487	236,772	134,06	136,847	285,061	294,79	3714,3320					
36		3750,35	1,036	0,613	123,43	243,345	132,54	150,625	514,368	839,1	3714,3320					

15) Hacemos una media con los datos que consideramos correctos a las revoluciones trabajadas.

V31											
	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											
11											
12											
AVERAGES 2011-06-22											
Messung nummer:		Drehmoment [Nm]	Leistung [kW]	Zündkerze [°C]	Abgas [°C]	Einspritz [°C]	Zylinder [°C]	Kraftstoff [g/h]	b e [g/kwh]		
15	1	3.21	2.02	158.89	543.47	151.54	201.28	925.53	459.42		
16	2	3.28	2.06	149.01	543.67	133.13	184.07	935.32	454.80		
17	3	3.20	2.01	142.85	467.90	134.94	188.06	1018.42	508.24		
18	4	3.25	2.04	148.92	463.10	138.45	190.07	1118.42	548.91		
19	5	2.93	1.84	161.89	499.89	160.76	203.35	1113.22	607.58		
20	6	3.26	2.05	159.69	589.15	155.10	203.48	992.57	484.78		
21	7	3.20	2.01	146.25	451.94	139.35	189.73	1036.58	515.85		
22	8	3.22	2.02	146.87	485.53	149.56	203.84	1048.22	518.82		
23	9	2.75	1.73	153.23	435.42	122.78	179.40	1105.28	640.07		
24	10	3.28	2.06	147.95	582.71	143.27	201.83	971.45	472.26		
25	11	3.31	2.08	147.90	473.47	143.89	198.53	997.94	480.49		
26	12	3.23	2.03	153.27	468.70	154.50	205.14	1001.32	493.58		
27											
28											
29											
30											
31											
32											
33											
34											
35											
36											

16) Introducimos las medias de los datos en otra tabla Excel y añadimos los comentarios oportunos que hemos anotado durante el ensayo.

Portapapeles

Fecha

Alineación

Número

Estilos

C13

Banco de pruebas motor

Evaluación general

Fecha: 22-06-2011

Motosierra Dolmar 115i

1	Tiempo [ms]	Retraso combustible [ms]	3,4	3,7	3,7	3,3	3,3
2		Inyección combustible [ms]	1,7	1,4	1,4	2	1,8
3		Retraso aire [ms]	3,3	3,3	3,3	3,3	3,5
4		Inyección aire [ms]	1,8	1,8	1,8	2	2
5	Resultado de las mediciones	Revoluciones [min <sup>-1</sup> ]	6000	6000	6000	6000	6000
		Rendimiento [Nm]	2,02	2,06	2,01	2,04	1,84
		Par [kW]	3,21	3,28	3,2	3,25	2,93
		Consumo [g/h]	925,53	935,32	1018,42	1118,42	1113,22
6	Temperatura [°C]	Cilindro [°C]	210,28	184,07	188,06	190,07	203,35
		Bujía [°C]	158,89	149,01	142,85	148,92	161,89
		Escape [°C]	543,47	543,67	467,9	463,1	498,89
		Inyección [°C]	151,54	133,13	134,94	138,45	160,76
7	Comentarios	Instantes iniciales	Par inicial de 3.7Nm. Primer minuto par y rendimiento muy altos. Par sobre 3.5 cte. Gráfica del rendimiento muy horizontal. Temperaturas no muy elevadas. Consumo sobre 930 g/h a los 3'. Suben las Tº a 630°C.	Par inicial sobre 3.5Nm. Se ven salir gases de escape con alguna chispa. Tº de más de 700°C a los 2.5 min. Salida muy al rojo vivo Foto de Eicke con el móvil.	Repetimos para hacer bien la foto. Se suelta un tornillo y volvemos a repetir -> Dura aprox 1 min Schraube am Auspuff gelöst	Ponemos mas fuel y mas aire. Par inicial por encima de 4Nm Se sale de la gráfica. Hay picos muy altos, casi en 3.5Nm. Consumos altos, 1019 g/h y 500 g/kWh. Más picos tanto superando 4Nm como bando a casi 2Nm. Picos que bajan a 1Nm.	Par inicial de 4Nm aunque al motor ahora está frío ya que ha habido problemas con la apertura de fuel. Al 1' pico por encima de 4Nm y luego de 2.4Nm. Tºs normales. Las gráficas son horizontales más o menos con picos. Muchos picos hacia abajo al
8		Con motor en funcionamiento					
9		Duración					
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							

Auswertung (2)

Lista

Página: 1 de 1

# Ejemplo práctico de toma de datos

---

Una vez que hemos realizado las comprobaciones de seguridad explicadas en el apartado anterior, nos disponemos a obtener datos.

Arrancamos el motor. Mediante el software LabView de nuestro ordenador, tendremos el motor en ralentí ( Leerlauf ).

Tomamos algún dato al ralentí, e introducimos

Una vez realizadas las comprobaciones de seguridad explicadas en el apartado anterior, se realiza la toma de datos.

Se arranca el motor y mediante el software LabView se tendrá el motor en ralentí o leerlauf.

Se toman datos en ralentí y se introducen los datos que se desean analizar: retraso y duración de la inyección de combustible y retraso y duración de la inyección de aire.

Mediante el software se manda la señal al motor y este automáticamente funciona mediante los datos introducidos.

Se mantiene el motor unos 3 o 4 minutos y se toman datos a intervalos de 30 segundos aproximadamente.

Cuando se decida cambiar de datos de entrada al motor, se pone el motor al ralentí otra vez, se introducen los nuevos datos deseados y se vuelve a mandar la señal al motor.

Todos los datos recogidos serán guardados por el software en un archivo con el que luego podremos trabajar en .txt o en Excel.

A continuación se presentan todos los datos recogidos en el banco de pruebas. Se presentan por orden cronológico y adjuntando al final de cada sección las capturas de pantalla del software LabView.

En estas capturas de pantalla podremos observar los gráficos de rendimiento y par del motor en función de los datos de entrada introducidos.

# Resultados obtenidos en el banco de pruebas

---

A continuación se adjuntaran las tablas y gráficas de datos obtenidas a lo largo del semestre de verano de 2011.

Se presentan los ensayos recogidos por fecha de realización:

16 - Junio – 2011

22 - Junio – 2011

28 - Junio – 2011

30 - Junio – 2011

Se trabajó mucho más anteriormente en el banco de pruebas y se realizaron numerosas mediciones, pero sirvieron para ir ajustando el motor e ir corrigiendo fallos y averías que surgían debido a que había estado parado durante mucho tiempo.

Los datos expuestos a en el anexo tienen al final sus capturas de pantallas para que se pueda observar las gráficas de rendimiento, par y consumo.

# Bibliografía

---

- [1]: **Jörg Gindele**, *Untersuchung zur Ladungsbewegung und Gemischbildung im Ottomotor mit Direkteinspritzung, IFKM, Forschungsberichte aus dem Institut für Kolbenmaschinen der Universität Karlsruhe, Volumen 2/2001*
- [2] **Jesús Álvarez Flórez** : *Motores alternativos de combustión interna, Edicions UPC, 2010*
- [3] **Miguel de Castro Vicente, Segundo Estévez Somolinos, Juan Miralles de Imperial**: *El motor de dos tiempos, Ediciones CEAC, 1992*
- [4] **Miguel de Castro Vicente**: *Inyección de gasolina, Ediciones CEAC, 1988*
- [5] **Albert Martín Parera**: *Inyección electrónica en motores diesel, Marcombo Boizareu Editores, 1996*
- [6] **Woschni G.**: *A universally applicable equation for the instantaneous heat transfer coefficient in internal combustion engine. SAE Paper 670931, 1967*
- [7] **Blair G.P.**: *Design and simulation of two-stroke engines. Society of Automotive Engineers, 1996*
- [8] **Annand W.J.D.**: *Heat transfer in the cylinders of reciprocating internal combustion engines, volume 177, pages 973-980 Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, 1963*
- [9] **Annand W.J.D. y Ma T.H.**: *Instantaneous heat transfer rates to the cylinder heat surface of a small compression ignition engine, volume 185, pages 976-988. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, 1970*
- [10] **Michael J. Morán y Howard N. Shapiro**: *Fundamentos de Termodinámica Técnica, Editorial Reverté, S.A 2004 ISBN: 84-291-4313-0*
- [11] **Heywood, J.B.**: *Internal combustion engine fundamentals McGraw-Hill New York 1988.*



# ANEXOS

---

Tetra etilo de plomo

Explicación cálculos movimiento pistón

Resultados obtenidos en el banco de pruebas



# Tetra etilo de plomo

## 1. Identificación del producto



**Nombre químico:** Tetraetilplomo

**Sinónimos:** TEP

**N° CAS:** 78-00-2

**Fórmula:**  $\text{Pb}(\text{C}_2\text{H}_5)_4/\text{C}_8\text{H}_{20}\text{Pb}$

**N°ONU:** 1649

**N°Guía de Emergencia del CIQUIME:** 131

## 2. Propiedades físico-químicas



**Aspecto y color:** Líquido viscoso, incoloro

**Olor:** Característico

**Presión de vapor:** 0,027 Kpa a 20 °C

**Densidad relativa (agua =1):** 1.7

**Solubilidad en agua:** Ninguna

**Punto de ebullición:** (se descompone) 200°C

**Punto de fusión:** -136.8 °C

**Peso molecular:** 323.45

## 3. Identificación de los peligros



2

3

3

## 4. Estabilidad y reactividad



El vapor es más denso que el aire. La sustancia se descompone al calentarla intensamente por encima de 110°C y bajo la influencia de la luz, produciendo humos tóxicos de monóxido de carbono y plomo. Reacciona violentamente con oxidantes fuertes, ácidos, halógenos, aceites y grasas, originando peligro de incendio y explosión. Ataca al caucho, algunos plásticos y a los recubrimientos.


**Condiciones que deben evitarse:** Fuentes de calor e ignición. Fuentes de luz.

**Materiales a evitar:** oxidantes fuertes, halógenos, aceites, grasas, plásticos, caucho y recubrimientos

**Productos de descomposición:** monóxido de carbono y plomo.

**Polimerización:** No aplicable


## 5. Información toxicológica




	Efectos agudos	Efectos crónicos
<b>Contacto con la piel</b>	PUEDE ABSORBERSE.enrojecimiento (para mayor información veáse inhalación).	No hay información disponible.
<b>Contacto con los ojos</b>	Dolor, visión borrosa.	No hay información disponible.
<b>Inhalación</b>	Convulsiones, vértigo, dolor de cabeza, vómitos, debilidad, pérdida del conocimiento.	Puede causar efectos en el sistema nervioso central, dando lugar a irritabilidad, insomnio, alteraciones cardíacas. Puede causar disminución de la conciencia. La exposición a altas concentraciones puede producir la muerte.
<b>Ingestión</b>	Convulsiones, diarrea, vértigo, dolor de cabeza, vómitos, debilidad, pérdida del conocimiento.	No aplicable
<b>Otros</b>	Puede producir alteraciones en la reproducción humana. No puede indicarse la relación entre el olor y el límite de exposición laboral.	

**Límite en aire de lugar de trabajo (s/ Res. 444/91):** No posee  
**Límite biológico (s/ Res. 444/91):** No posee  
**Límite NIOSH REL:** TWA: 0,075 Mg/m3 Vía dérmica  
**Límite OSHA PEL:** Twa: 0,075 Mg/m3 Vía dérmica  
**Nivel guía para fuentes de agua de bebida humana (s/ Dto. 831/93):** No posee


## 6. Riesgos de incendio y explosión

	<b>Incendio:</b> Combustible. <b>Explosión:</b> Por encima de los 77 °C pueden formarse mezclas explosivas vapor/ aire. <b>Puntos de inflamación:</b> 77 °C <b>Temperatura de autoignición:</b> 110 °C
---	---


## 7. Efectos ecotóxicos

	<b>Residuo clasificado peligroso / especial</b>	S/ Ley 24-051 - Dto. 831/93 (Nación)		S/ Ley 11.720 - Dto. 806/97 (Bs.As.)	
		SI	NO	SI	NO
	<b>Límite en emisiones gaseosas</b>	S/ Dto. 831/93 (Nación)		S/ Dto. 3395/96 (Bs.As.)	
		Nivel guía de emisión: No posee Nivel guía de calidad de aire: NO posee		Nivel guía de emisión: No posee Nivel guía de calidad de aire: No posee	
	<b>Límite en vertidos líquidos</b>	S/ Res. 79179/90 (Nación)		S/ Res. 389/98 (Bs.As.)	
		No posee		No posee	


## 8. Equipos de protección personal

	<b>Protección respiratoria:</b> Ventilación, extracción localizada o protección respiratoria.
	<b>Protección de manos:</b> Guantes protectores.
	<b>Protección de ojos:</b> Pantalla facial o protección ocular combinada con protección respiratoria.
	<b>Protección del cuerpo:</b> Traje de protección.
	<b>Instalaciones de seguridad:</b> Lavaojos.

## 9. Manipuleo y almacenamiento

	<b>Condiciones de manipuleo:</b> Evitar las llamas. Por encima de 77°C: sistema cerrado de ventilación, y equipo eléctrico a prueba de explosión. ¡EVITAR LA FORMACIÓN DE NIEBLAS DEL PRODUCTO! ¡HIGIENE ESTRICTA! ¡EVITAR LA EXPOSICIÓN DE MUJERES EMBARAZADAS! ¡EVITAR LA EXPOSICIÓN DE ADOLESCENTES Y NIÑOS! Ventilación, extracción localizada o protección respiratoria. No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo. No llevar a casa la ropa de trabajo.
	<b>Condiciones de almacenamiento:</b> a prueba de incendio. Separado de oxidantes fuertes, ácidos. Mantener en la oscuridad. Ventilación a ras del suelo.

## 10. Medidas a tomar en caso de derrames y/o fugas

	<b>Precauciones personales:</b> Traje de protección completo incluyendo equipo autónomo de respiración
	<b>Precauciones ambientales:</b> Se aconseja firmemente impedir que el producto químico se incorpore al ambiente.
	<b>Métodos de limpieza:</b> Evacuar la zona de peligro. Consultar a un experto. Ventilar. Recoger el líquido procedente de la fuga en recipientes precintables, absorber el líquido residual en arena o absorbente inerte y trasladarlo a un lugar seguro.

## 11. Medidas a tomar en caso de contacto con el producto - Primeros Auxilios



**En general:** En todos los casos luego de aplicar los primeros auxilios, derivar al médico.

**Contacto con la piel:** Quitar las ropas contaminadas, aclarar y lavar la piel con agua y jabón y proporcionar asistencia médica.

**Contacto con los ojos:** Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad) y proporcionar asistencia médica.

**Inhalación:** Aire limpio, reposo, respiración artificial si estuviera indicada y proporcionar asistencia médica.

**Ingestión:** Enjuagar la boca, provocar el vómito (¡UNICAMENTE EN PERSONAS CONSCIENTES!), dar a beber abundante agua y proporcionar asistencia médica.

## 12. Medidas a tomar en caso de incendio y explosión



**Medidas de extinción apropiadas :** Polvo, agua pulverizada, espuma y dióxido de carbono.

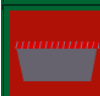
**Medidas de extinción inadecuadas:** No aplicable.

**Productos de descomposición:** Humos tóxicos de monóxido de carbono y plomo.

**Equipos de protección personal especiales:** Trajes aluminados y equipos de protección autónomo de respiración.

**Instrucciones especiales para combatir el fuego:** Mantener fríos los bidones y demás instalaciones rociando con agua. Combatir el incendio desde un lugar protegido.

## 13. Medidas a tomar para la disposición final de residuos



Los restos de producto químico deberían disponerse de acuerdo a tecnología aprobada y a la legislación local. El envase contaminado, debe tratarse como el propio residuo químico. No verter en ningún sistema de cloacas, sobre el piso o extensión de agua.

## Fuentes bibliográficas



Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo- España. NIOSH última revisión 9 de Noviembre de 1999.

INTI- NIOSH Pocket Guide to Chemical Hazards

Guía de Respuestas a Emergencias con Materiales Peligrosos. Centro de Información Química para Emergencias. Año 2001.

Res. 444/91 M.T.S.S.

Ley 24.051- Dec. 831/93. (Nación).

Ley 11.720- Dec. 806/97. (Bs. As.)

Dec. 3395/96. (Bs.As.)

Res. 79179/90. (Nación)

Res. 287/90. (Bs.As.)

# Explicación cálculos movimiento pistón

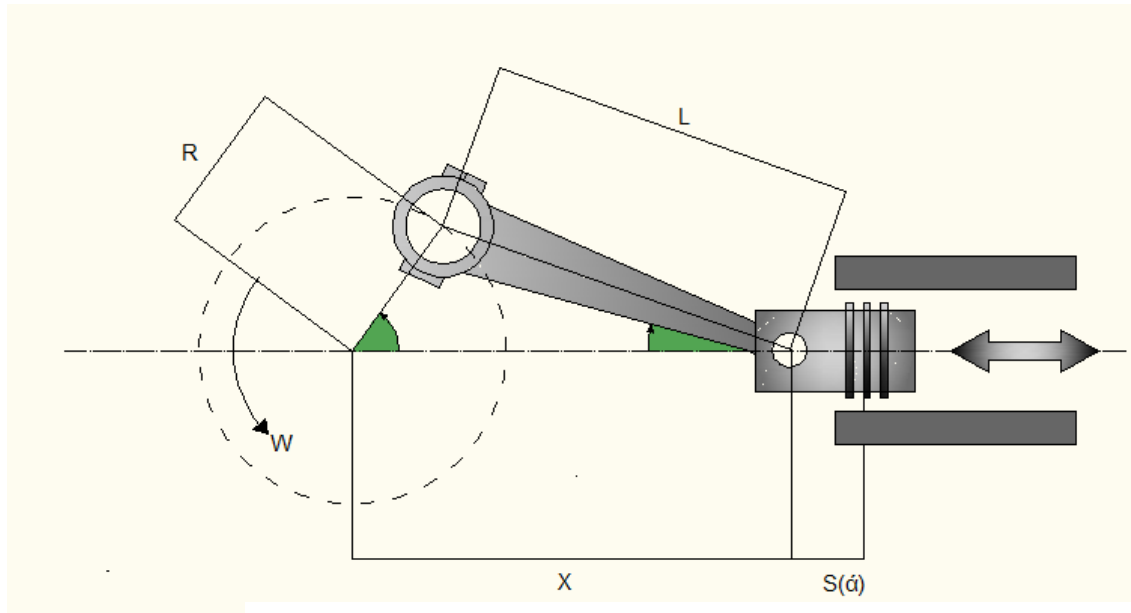


Fig. X : Esquema básico sistema biela-manivela

L :	Longitud de la biela
R:	Radio de la manivela
S(α):	Posición del pistón en referencia al PMS.
α:	Ángulo girado por el cigüeñal desde el PMS.
β:	Ángulo formado por la biela con el eje del cilindro.
X + S(α):	Distancia total.

El objetivo consiste en saber cuánto vale el desplazamiento del pistón  $S(\alpha)$  en cada instante del movimiento del sistema cilindro-pistón.

En primer lugar, tomemos ambos ángulos como cero:  $\alpha=0$ ,  $\beta=0$ . Tanto biela como manivela se encuentran en posición totalmente horizontal, situándose en el punto muerto superior (PMS).

En este momento, la distancia total (X) es la suma del radio de la manivela (R) más la longitud de la manivela (L). Por tanto, al estar en el PMS, el desplazamiento  $S(\alpha)$  será nulo:

$$\begin{aligned}
 X &= R + L \\
 S(\alpha) &= R + L - X = R + L - (R + L) = 0 \\
 S(\alpha) &= 0
 \end{aligned}$$

Ahora, calculamos la posición del pistón cualesquiera que sean los ángulos  $\alpha$  y  $\beta$ .

Fijándonos en la Fig. X, vemos que:

$$\begin{aligned} X &= R \cos(\alpha) + L \cos(\beta) \\ S(\alpha) &= R + L - X = R + L - [R \cos(\alpha) + L \cos(\beta)] \\ S(\alpha) &= R(1 - \cos(\alpha)) + L(1 - \cos(\beta)) \end{aligned}$$

Por semejanza de triángulos, que tienen un lado común, en la Fig. X:

$$\begin{aligned} R \sin(\alpha) &= L \sin(\beta) \\ \sin(\beta) &= \frac{R}{L} \sin(\alpha) \\ \sin^2 \beta &= \left[\frac{R}{L}\right]^2 \sin^2 \alpha \end{aligned}$$

Por el teorema de Pitágoras:

$$\begin{aligned} \cos^2 \beta + \sin^2 \beta &= 1 \\ \cos \beta &= \sqrt[2]{1 - \sin^2 \beta} \\ \cos \beta &= \sqrt[2]{1 - \left[\left(\frac{R}{L}\right)^2 \sin^2 \alpha\right]} \end{aligned}$$

Introducimos una nueva variable,  $\lambda$ , que simboliza la relación entre las longitudes de la biela y de la manivela<sup>4</sup>.

$$\lambda = R/L$$

Sustituyendo:

$$\cos \beta = \sqrt[2]{1 - \lambda^2 \sin^2 \alpha}$$

Sustituyendo otra vez en la expresión del desplazamiento del pistón:

$$S(\alpha) = R(1 - \cos(\alpha)) + L(1 - \cos(\beta))$$

$$S(\alpha) = R(1 - \cos(\alpha)) + L(1 - \sqrt[2]{1 - \lambda^2 \sin^2 \alpha})$$

De esta forma, hemos conseguido calcular el desplazamiento del pistón en cualquier momento en función de la distancia de biela y manivela y del ángulo girado  $\alpha$ .

<sup>4</sup> Está relación suele estar comprendida entre 0.2 y 0.35.

Representación gráfica de la ecuación obtenida anteriormente, con  $\lambda=0.33$ ,  $R=5\text{mm}$  y  $L=15\text{mm}$  :

$$S(\alpha) = R(1 - \cos(\alpha)) + L(1 - \sqrt{1 - \lambda^2 \sin^2 \alpha})$$

En la siguiente tabla representamos el desplazamiento del pistón de nuestro sistema, con referencia el Punto Muerto Superior en función del ángulo  $\alpha$  de la manivela.

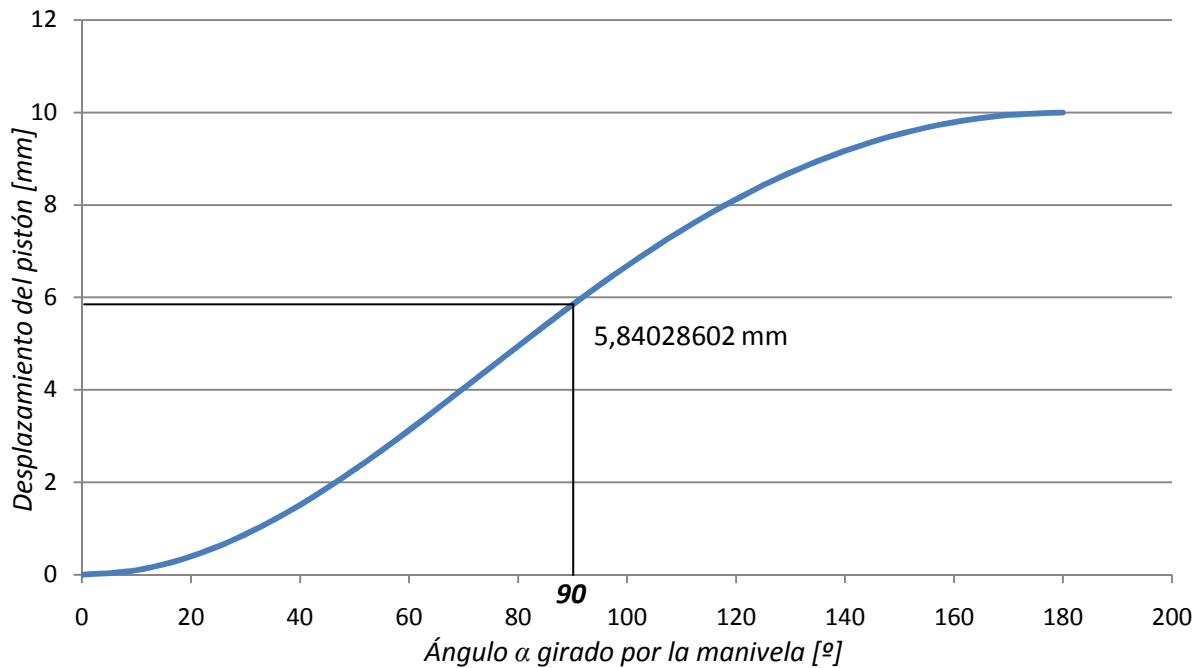
Hay que resaltar, que justo en la mitad del movimiento entre el Punto Muerto Superior y el Punto Muerto inferior, que se sitúa en  $\alpha = 90^\circ$ , no obtenemos la mitad del desplazamiento de nuestro pistón.

Deberíamos obtener 5.00 mm ya que la carrera total del sistema es de 10 mm. Es algo superior, 5.840286mm.

Esto significa, que si la velocidad de giro del cigüeñal es constante, para recorrer la primera mitad de la carrera, el motor emplea un tiempo menor que para recorrer la segunda mitad.

GRADOS	Desplazamiento del pistón [mm]
0º	0
10º	0.10061
20º	0.397385
30º	0.875469
40º	1.511123
50º	2.273263
60º	3.125609
70º	4.029333
80º	4.94598
90º	5.840286
100º	6.682461
110º	7.449535
120º	8.125609
130º	8.701139
140º	9.171568
150º	9.535714
160º	9.794311
170º	9.948687
180º	10

### Desplazamiento del pistón en función de $\alpha$



## Resultados obtenidos en el banco de pruebas

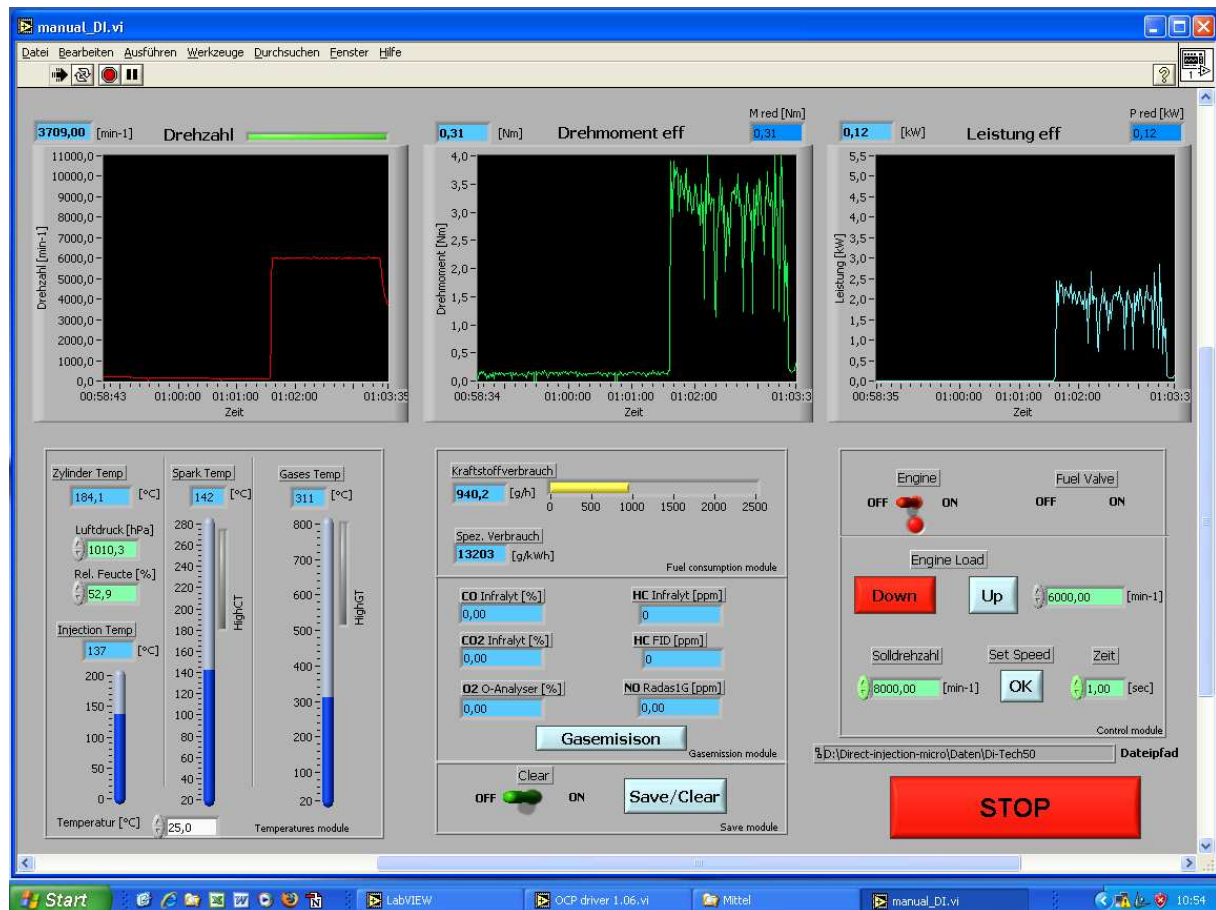
---



Tiempo [ms]	Retraso combustible [ms]	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
	Inyección combustible [ms]	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
	Retraso aire [ms]	<b>3,1</b>	<b>3,1</b>	<b>3,1</b>	<b>3,3</b>	<b>3,3</b>
	Inyección aire [ms]	<b>2,4</b>	<b>2,2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>1,8</b>
Resultado de las mediciones	Revoluciones [min <sup>-1</sup> ]	6000	6000	6000	6000	6000
	Rendimiento [Nm]	1,81	1,94	2	2	2,12
	Par [kW]	2,89	3,09	3,19	2,02	2,02
	Consumo [g/h]	1052,56	1038,41	1004,77	1025,42	815,68
Temperatura [°C]	Cilindro [° C]	182,63	185,97	193,33	186,36	163,45
	Bujía [° C]	137,06	142,74	151,76	147,36	134,58
	Escape [° C]	487,91	479,83	509,02	509,17	454,39
	Inyección [° C]	131,68	135,11	146,21	136,98	128,04
Comentarios	Instantes iniciales	Par muy elevado al principio y se mantiene.  Elevada temperatura de gases = 500°C.	Par muy elevado al principio, mayor que 4 Nm.  Baja la temperatura de los gases = 430°C.	Las revoluciones se mantienen más constantes que anteriormente ( 5998-6005 min-1).  Consumo muy bajo, menor de 450 g/h.		Excelentes resultados, pero con unas temperaturas de escape muy elevadas.
	Con motor en funcionamiento	Pequeña llama y chispas.  El sensor del contador de revoluciones no está bien sujeto.	Rendimiento de 4.5 kW al principio.  Temperatura de escape de 500°C.	Gráfica del par mucho más horizontal y sin tantos picos.		Temperaturas de escape de 700°C en algunos instantes, sobre todo con el motor en funcionamiento un tiempo.
	Duración	100 Hz en el osciloscopio.	Mejoran rendimiento y par pero suben las Tº. Influye que hoy es un día más			

Tiempo [ms]	Retraso combustible [ms]	3,5	3,5	3,5	3,5	3,4
	Inyección combustible [ms]	1,6	1,6	1,6	1,8	1,8
	Retraso aire [ms]	3,3	3,5	3,1	3,5	3,4
	Inyección aire [ms]	1,8	1,6	2,4	1,8	18
Resultado de las mediciones	Revoluciones [min <sup>-1</sup> ]	6000	6000	6000	6000	6000
	Rendimiento [Nm]	2,07	2,03	1,84	1,92	1,96
	Par [kW]	3,29	3,23	2,93	3,06	3,11
	Consumo [g/h]	943,41	925,09	1072,53	961,7	964,37
Temperatura [°C]	Cilindro [° C]	188,91	205,86	174,54	203,51	212,22
	Bujía [° C]	151,4	161,28	130,73	158,38	166,42
	Escape [° C]	601,38	666,97	442,27	738,57	659,77
	Inyección [° C]	137,96	158,32	118,42	152,14	167,73
Comentarios	Instantes iniciales	<p>Baja b.e a unos 474 g/kWh.</p> <p>Tº gases muy alta, aproximadamente unos 800ºC.</p> <p>b.e.=</p>	<p>Tº gases sigue en unos 800ºC.</p> <p>Gráfica del par casi horizontal.</p> <p>Se hace foto del escape del motor al rojo vivo.</p>	<p>Repetición de la medida del 2011.06.15 porque el contador de rev. no funcionaba correctamente.</p> <p>La gráfica del par aparece con muchos picos.</p> <p>Tº gases de 450ºC</p>	<p>Injectamos más combustible y más aire.</p> <p>Baja el consumo a unos 980g/h.</p> <p>La Tº sigue en 810ºC.</p>	<p>Obtenemos un par inicial mayor de 4 Nm.</p> <p>La temperatura de los gases baja muchísimo , a unos 480ºC ( la mitad), cuando ha transcurrido 1 minuto y 40 seg.</p>
	Con motor en funcionamiento					
	Duración					

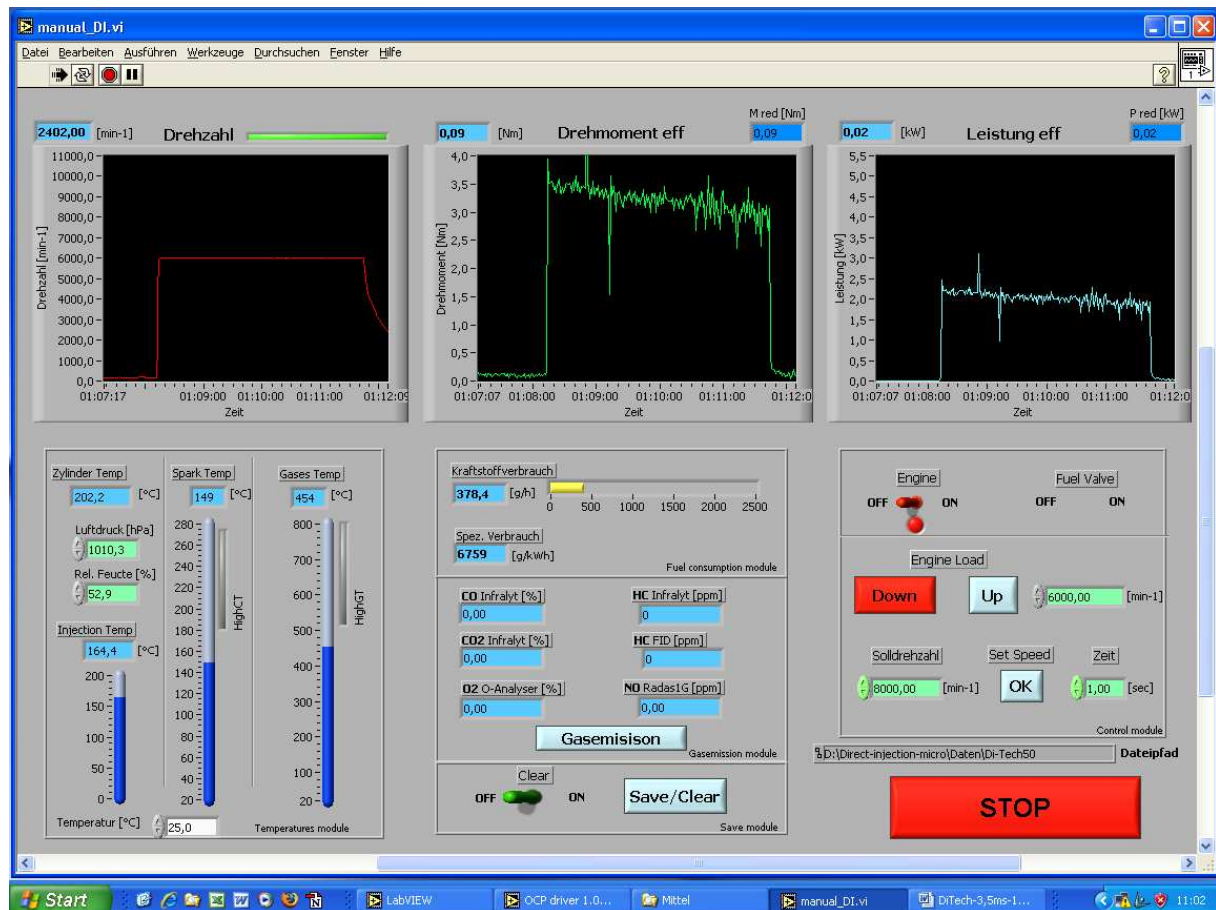
Tiempo [ms]	Retraso combustible [ms]	3,3	3,2	3,1	3,1	
	Inyección combustible [ms]	1,8	1,9	2	2	
	Retraso aire [ms]	3,3	3,2	3,1	3,1	
	Inyección aire [ms]	1,8	1,9	2	2,2	
Resultado de las mediciones	Revoluciones [min <sup>-1</sup> ]	6000	6000	6000	6000	
	Rendimiento [Nm]	2,04	2,04	2,01	1,96	
	Par [kW]	3,24	3,24	3,2	3,12	
	Consumo [g/h]	973,79	953,13	1014,29	1073,58	
Temperatura [°C]	Cilindro [° C]	208,42	200,41	205,56	204,99	
	Bujía [° C]	166,73	159,9	164,38	166,72	
	Escape [° C]	515,14	453,26	446,4	441,3	
	Inyección [° C]	161,42	151,32	156,54	158,77	
Comentarios	Instantes iniciales					
	Con motor en funcionamiento					
	Duración					



Messung 8 am 16.06.2011 Drehzahl: 6000 min<sup>-1</sup>:

Fuel Delay: 3,5ms Fuel Inject: 1,6ms Air Delay: 3,1ms Air Inject: 2,4ms

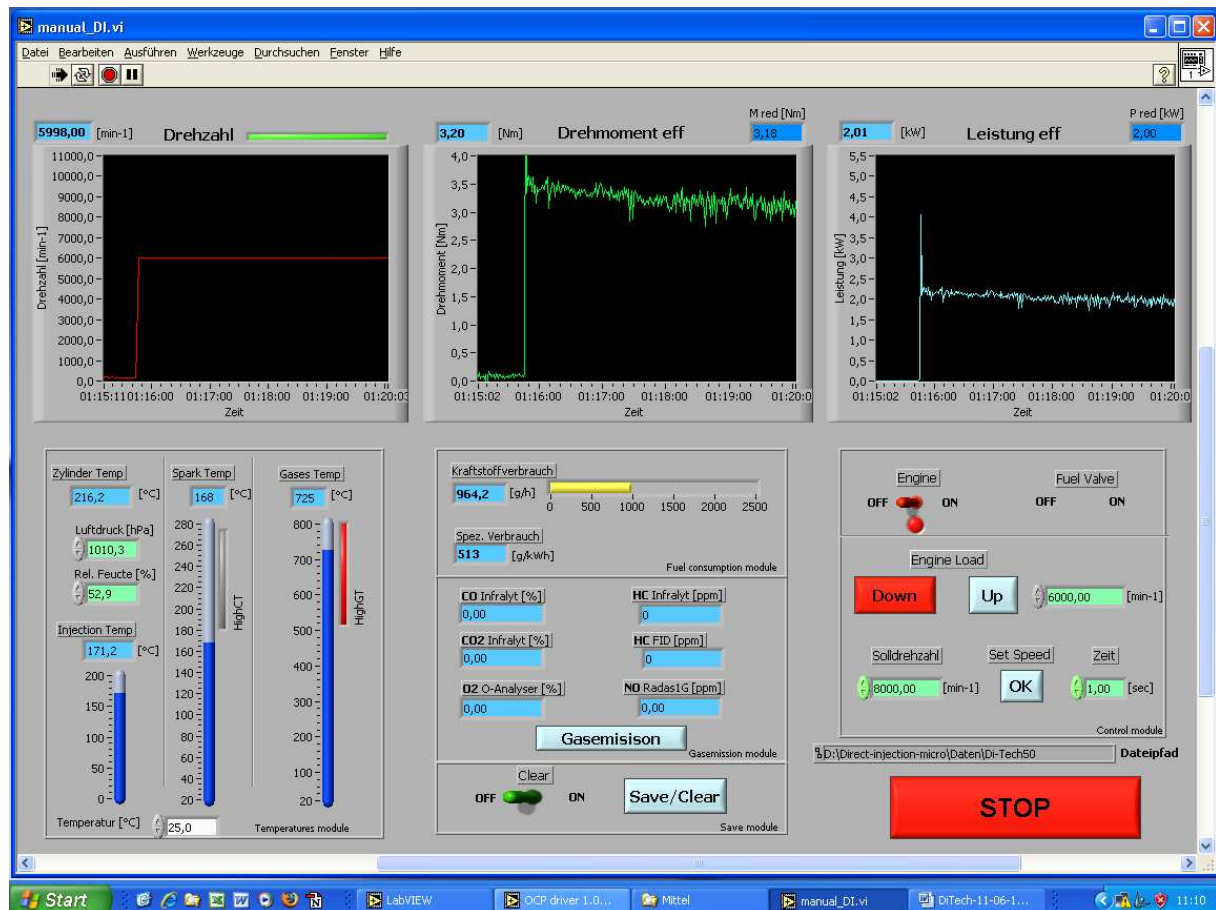
Drehmoment [Nm]	Leistung [kW]	Zündkerze [°C]	Abgas [°C]	Einspritz [°C]	Zylinder [°C]	Kraftstoff [g/h]	b e [g/kwh]
2.93	1.84	130.73	442.27	118.42	174.54	1072.53	581.73



Messung 9 am 16.06.2011 Drehzahl: 6000 min<sup>-1</sup>:

Fuel Delay: 3,5ms Fuel Inject: 1,8ms Air Delay: 3,5ms Air Inject: 1,8ms

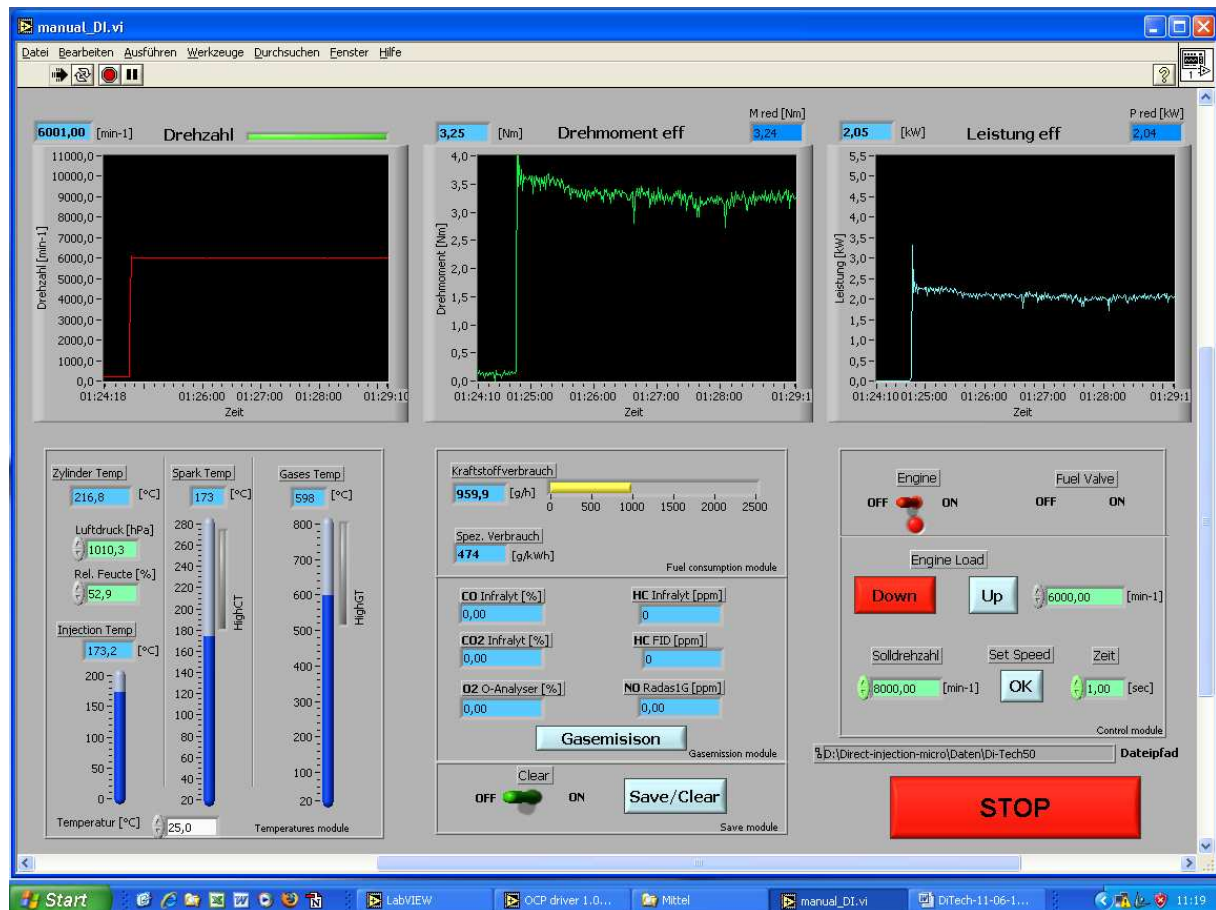
Drehmoment [Nm]	Leistung [kW]	Zündkerze [°C]	Abgas [°C]	Einspritz [°C]	Zylinder [°C]	Kraftstoff [g/h]	b e [g/kwh]
3.13	1.97	152.04	656.35	141.65	192.64	952.13	485.10



Messung 10 am 16.06.2011 Drehzahl: 6000 min<sup>-1</sup>:

Fuel Delay: 3,4ms Fuel Inject: 1,8ms Air Delay: 3,4ms Air Inject: 1,8ms

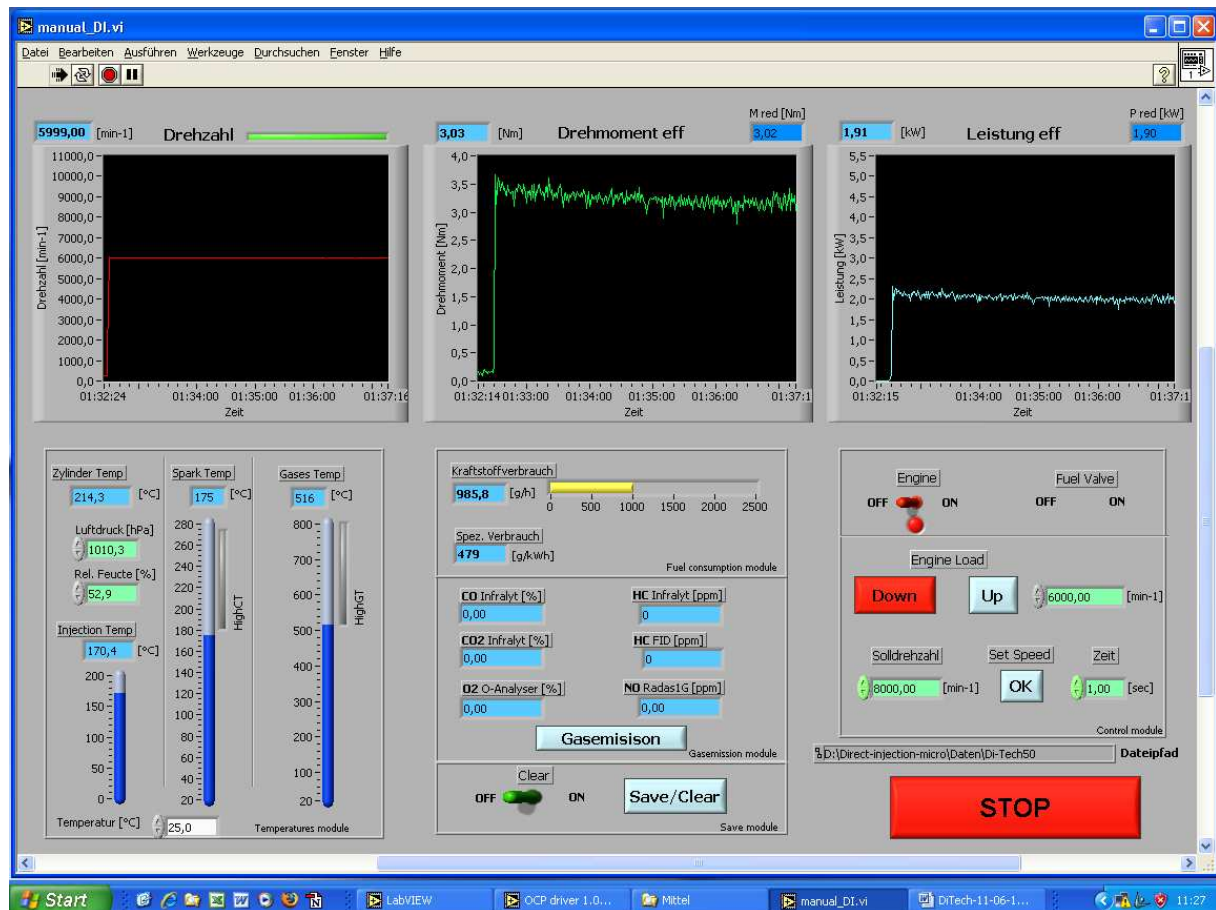
Drehmoment [Nm]	Leistung [kW]	Zündkerze [°C]	Abgas [°C]	Einspritz [°C]	Zylinder [°C]	Kraftstoff [g/h]	b e [g/kwh]
3.19	2.00	156.82	578.74	153.72	197.86	928.87	465.64



Messung 11 am 16.06.2011 Drehzahl: 6000 min<sup>-1</sup>:

Fuel Delay: 3,3ms Fuel Inject: 1,8ms Air Delay: 3,3ms Air Inject: 1,8ms

Drehmoment [Nm]	Leistung [kW]	Zündkerze [°C]	Abgas [°C]	Einspritz [°C]	Zylinder [°C]	Kraftstoff [g/h]	b e [g/kwh]
3.33	2.09	153.02	454.66	143.25	185.58	892.46	429.23

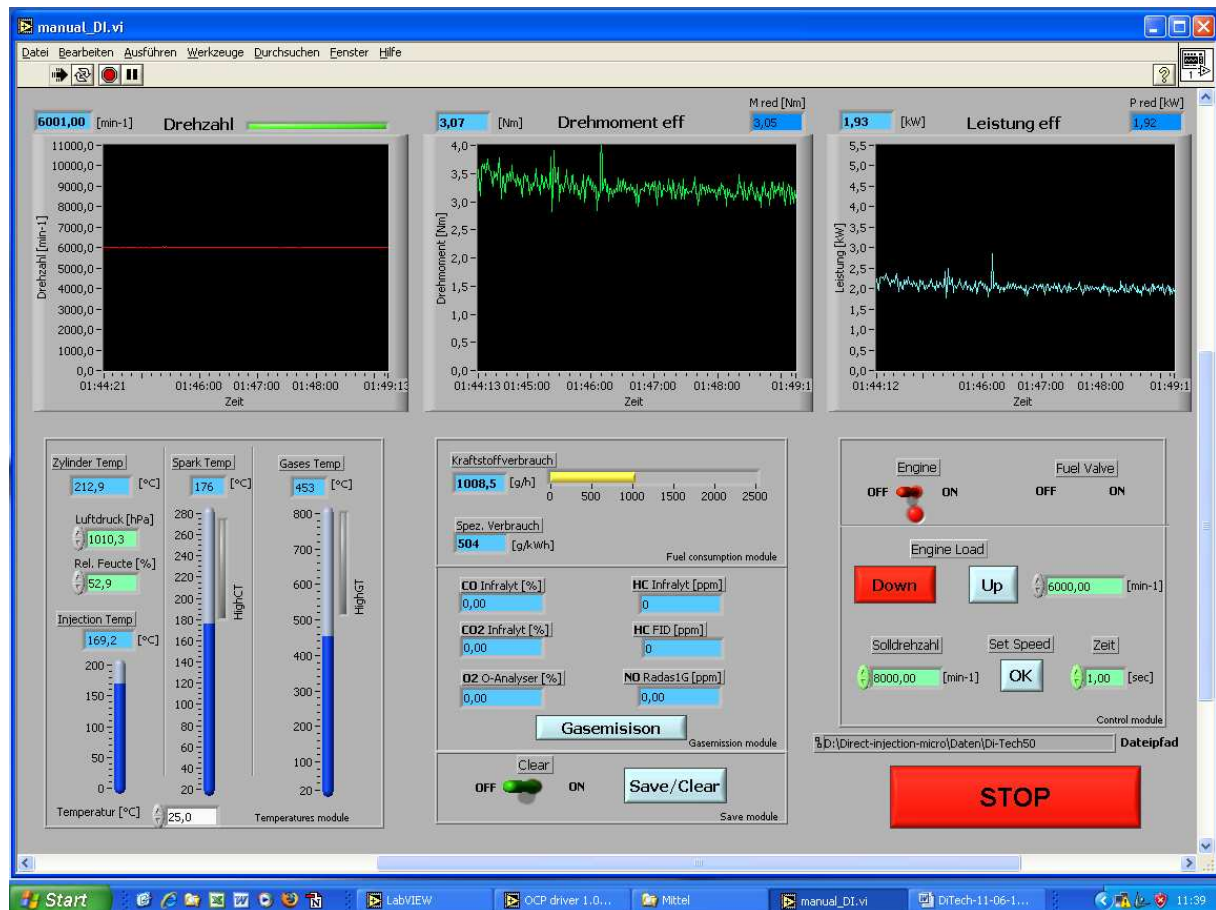


Messung 12 am 16.06.2011 Drehzahl: 6000 min<sup>-1</sup>:

Fuel Delay: 3,2ms Fuel Inject: 1,9ms Air Delay: 3,2ms Air Inject: 1,9ms

Drehmoment [Nm]	Leistung [kW]	Zündkerze [°C]	Abgas [°C]	Einspritz [°C]	Zylinder [°C]	Kraftstoff [g/h]	b e [g/kwh]
3.27	2.06	151.54	427.40	142.83	187.56	958.64	466.63

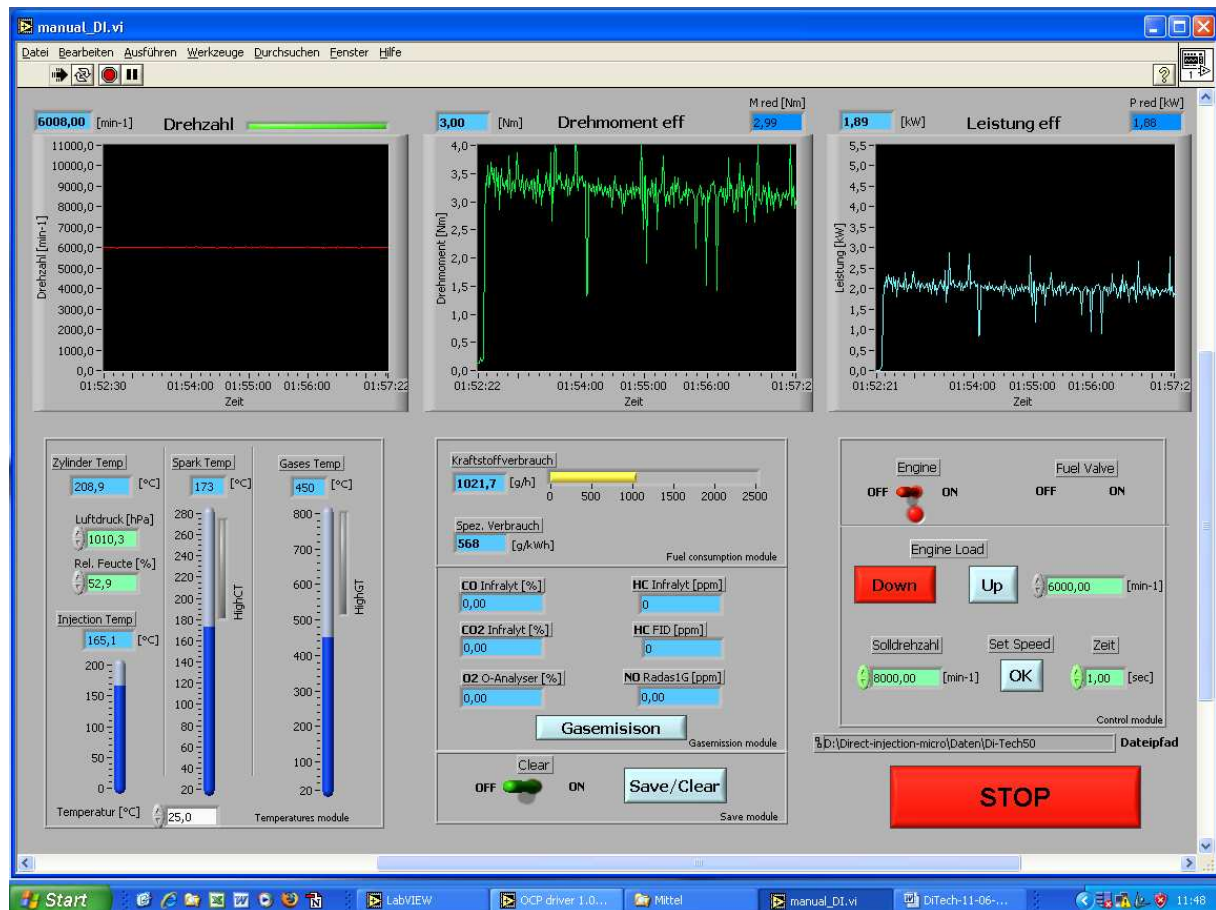




Messung 13 am 16.06.2011 Drehzahl: 6000 min<sup>-1</sup>:

Fuel Delay: 3,1ms Fuel Inject: 2,0ms Air Delay: 3,1ms Air Inject: 2,0ms

Drehmoment [Nm]	Leistung [kW]	Zündkerze [°C]	Abgas [°C]	Einspritz [°C]	Zylinder [°C]	Kraftstoff [g/h]	b e [g/kwh]
3.23	2.03	158.28	434.33	148.21	197.16	997.57	491.50



Messung 14 am 16.06.2011 Drehzahl: 6000 min<sup>-1</sup>:

Fuel Delay: 3,1ms Fuel Inject: 2,0ms Air Delay: 3,1ms

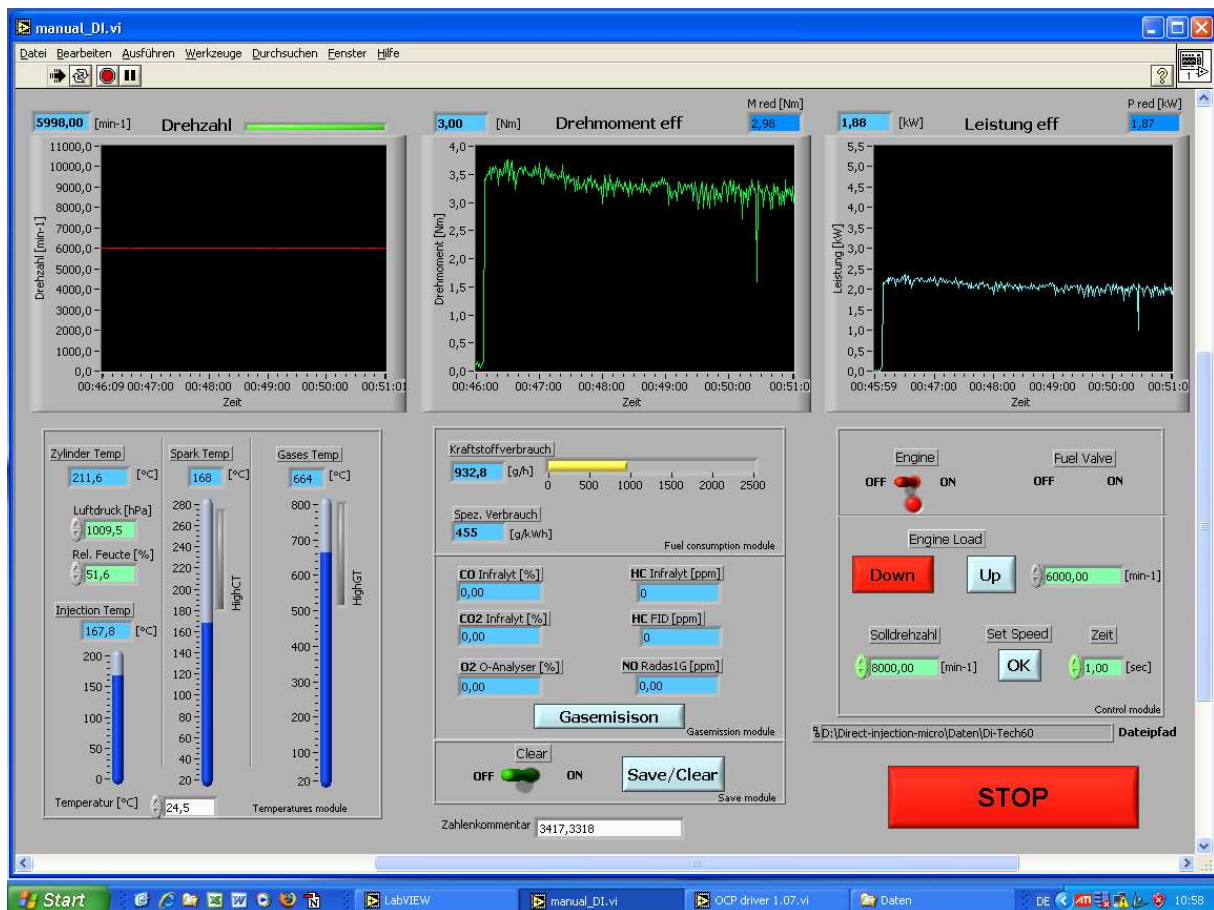
Air Inject: 2,2ms

Drehmoment	Leistung	Zündkerze	Abgas	Einspritz	Zylinder	Kraftstoff	b e
[Nm]	[kW]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[g/h]	[g/kwh]
3.18	2.00	158.49	422.60	149.36	193.85	1042.65	523.61

Tiempo [ms]	Retraso combustible [ms]	3,4	3,7	3,7	3,3	3,3
	Inyección combustible [ms]	1,7	1,4	1,4	2	1,8
	Retraso aire [ms]	3,3	3,3	3,3	3,3	3,5
	Inyección aire [ms]	1,8	1,8	1,8	2	2
Resultado de las mediciones	Revoluciones [min <sup>-1</sup> ]	6000	6000	6000	6000	6000
	Rendimiento [Nm]	2,02	2,06	2,01	2,04	1,84
	Par [kW]	3,21	3,28	3,2	3,25	2,93
	Consumo [g/h]	925,53	935,32	1018,42	1118,42	1113,22
Temperatura [°C]	Cilindro [° C]	210,28	184,07	188,06	190,07	203,35
	Bujía [° C]	158,89	149,01	142,85	148,92	161,89
	Escape [° C]	543,47	543,67	467,9	463,1	499,89
	Inyección [° C]	151,54	133,13	134,94	138,45	160,76
Comentarios	Instantes iniciales	<p>Par inicial de 3.7Nm. Primer minuto par y rendimiento muy altos. Par sobre 3.5 cte. Gráfica del rendimiento muy horizontal. Temperaturas no muy elevadas. Consumo sobre 930 g/h a los 3'. Suben las Tº a 630°C.</p>	<p>Par inicial sobre 3.5Nm Se ven salir gases de escapae con alguna chispa. Tº de más de 700°C a los 2.5 min. Salida muy al rojo vivo Foto de Eicke con el movil.</p>	<p>Repetimos para hacer bien la foto.  Se suelta un tornillo y volvemos a repetir --&gt;  Dura aprox 1 min  Schraube am Auspuff gelöst</p>	<p>Ponemos mas fuel y mas aire.  Par inicial por encima de 4Nm Se sale de la gráfica.  Hay picos muy altos, casi en 3.9Nm.  Consumos altos, 1019 g/h y 500 g/kWh.  Más picos tanto superando 4Nm como bando a casi 2Nm.  Picos que bajan a 1Nm. Tºs bajas.</p>	<p>Par inicial de 4Nm aunque el motor ahora está frío ya que ha habido problemas con la apertura de fuel.  Al 1' pico por encima de 4Nm y luego de 2.4Nm.  Tºs normales. Las gráficas son horizontales más o menos con picos .  Muchos picos hacia abajo al final.</p>
	Con motor en funcionamiento					
	Duración					

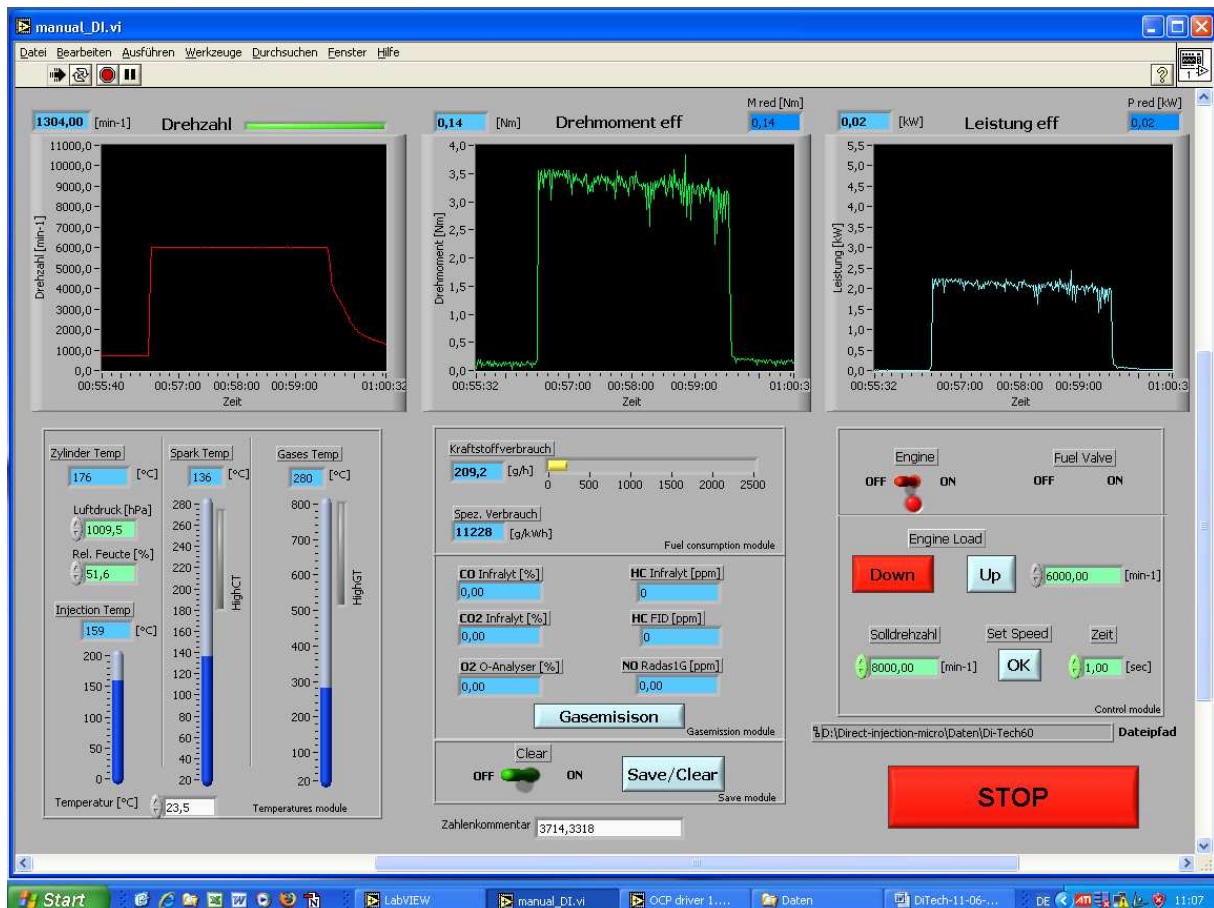
Tiempo	Retraso combustible [ms]	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3
	Inyección combustible [ms]	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8
	Retraso aire [ms]	3,1	3,1	2,9	2,7	3,1
	Inyección aire [ms]	1,6	2	2	2,4	1,8
Resultado de las mediciones	Revoluciones [min-1]	6000	6000	6000	6000	6000
	Rendimiento [Nm]	2,05	2,01	2,02	1,73	2,06
	Par [kW]	3,26	3,2	3,22	2,75	3,28
	Consumo [g/h]	992,57	1036,58	1048,22	1105,28	971,45
Temperatura	Cilindro [°C]	203,48	189,73	203,84	179,4	201,83
	Bujía [° C]	159,69	146,25	146,87	123,23	147,95
	Escape [° C]	589,15	451,94	485,53	433,42	582,71
	Inyección [° C]	155,1	139,35	149,56	122,73	143,27
Comentarios	Instantes iniciales	Motor empieza frío después de 1 hora parado.  Par inicial muy alto y se mantiene.	Intentamos bajar Tº de escape con las medidas del 16.06 35-16-31-24 xq hay un descenso de 140º con su antecedora.	Bajamos retraso del aire solamente.  Se cala. Repetimos. Parada de 30'.	Se cala. Gráfica horrible. Llena de picos muy elevados.	Par inicial sobre 3.8Nm y rendimiento sobre 2.4kW durante el 1º min.
	Con motor en funcionamiento	Rendimiento en el primer instante cercano a 4kW.  Gráfica bastante horizontal y constante por encima y debajo de 3.5Nm.	En esta medida inyectamos más aire solamente:2ms  Gráfica alta y contante. Grandes picos hacia abajo a los 2'. Picos arriba y abajo a los 3'.	Par inicial de 3.9. Va bajando con algún pico hacia abajo. Menos bajada, sobre 3.3 aunque con picos. Picos exagerados para arriba y para abajo.		Tº muy altas a los 2 min, casi 700º  Gran pico a los 3 minutos hacia abajo, casi a 1.5Nm.
	Duración	A los 3' Tº de casi 700ºC. Salida de escape al rojo vivo. Foto en mi móvil.  Muy buenos resultados		La Tº ha bajado hasta 500º aprox pero la gráfica esta llena de picos.		Tº de casi 800º al final.

Tiempo [ms]	Retraso combustible [ms]	3,3	3,2			
	Inyección combustible [ms]	1,8	1,9			
	Retraso aire [ms]	3,1	3,1			
	Inyección aire [ms]	1,9	1,9			
Resultado de las mediciones	Revoluciones [min <sup>-1</sup> ]	6000	6000			
	Rendimiento [Nm]	2,08	2,03			
	Par [kW]	3,31	3,23			
	Consumo [g/h]	997,94	1001,32			
Temperatura [°C]	Cilindro [° C]	198,53	205,14			
	Bujía [° C]	147,9	153,27			
	Escape [° C]	473,47	468,7			
	Inyección [° C]	143,89	154,5			
Comentarios	Instantes iniciales	Inicio elevado, sobre 3.5Nm pero gran pico hacia abajo a los 40 seg con petardeo.	La inyección de aire de 1,9ms es la mejor, ya que con 1,8 hay mucha Tº y con 2,0ms hay muchos picos.			
	Con motor en funcionamiento	La Tº se mantiene por debajo de 500ºC a los 2 min.  Gráfica bastante elevada y cte, aunque con algún pico hacia abajo.	Ahora cambiamos los parámetros del fuel.  Par inicial de 3.6 y cte.  Cuando hay un petardeo, sube el par muchísimo.  Sólo picos para arriba a los 3 min.			
	Duración	Tº menor de 600ºC en todo momento.	Tº inferiores a 500ºC. Gran pico hacia abajo.  Mucho petardeo que se ve en las gráficas en forma de picos.			



Messung 1 am 22.06.2011 Drehzahl: 6000 min<sup>-1</sup>

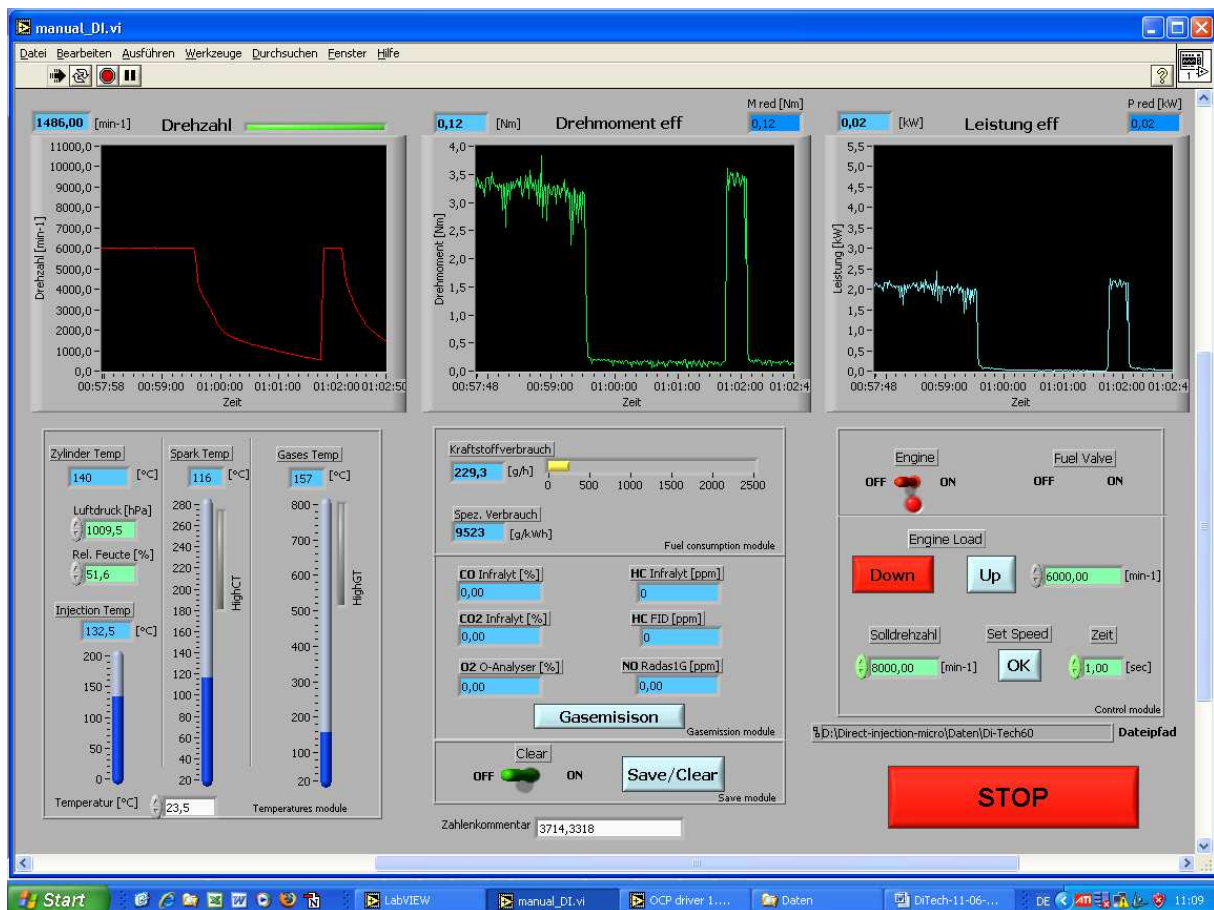
Delay Fuel: 3,4 ms Injection Fuel: 1,7 ms Delay Air: 3,3 ms Injection Air: 1,8ms



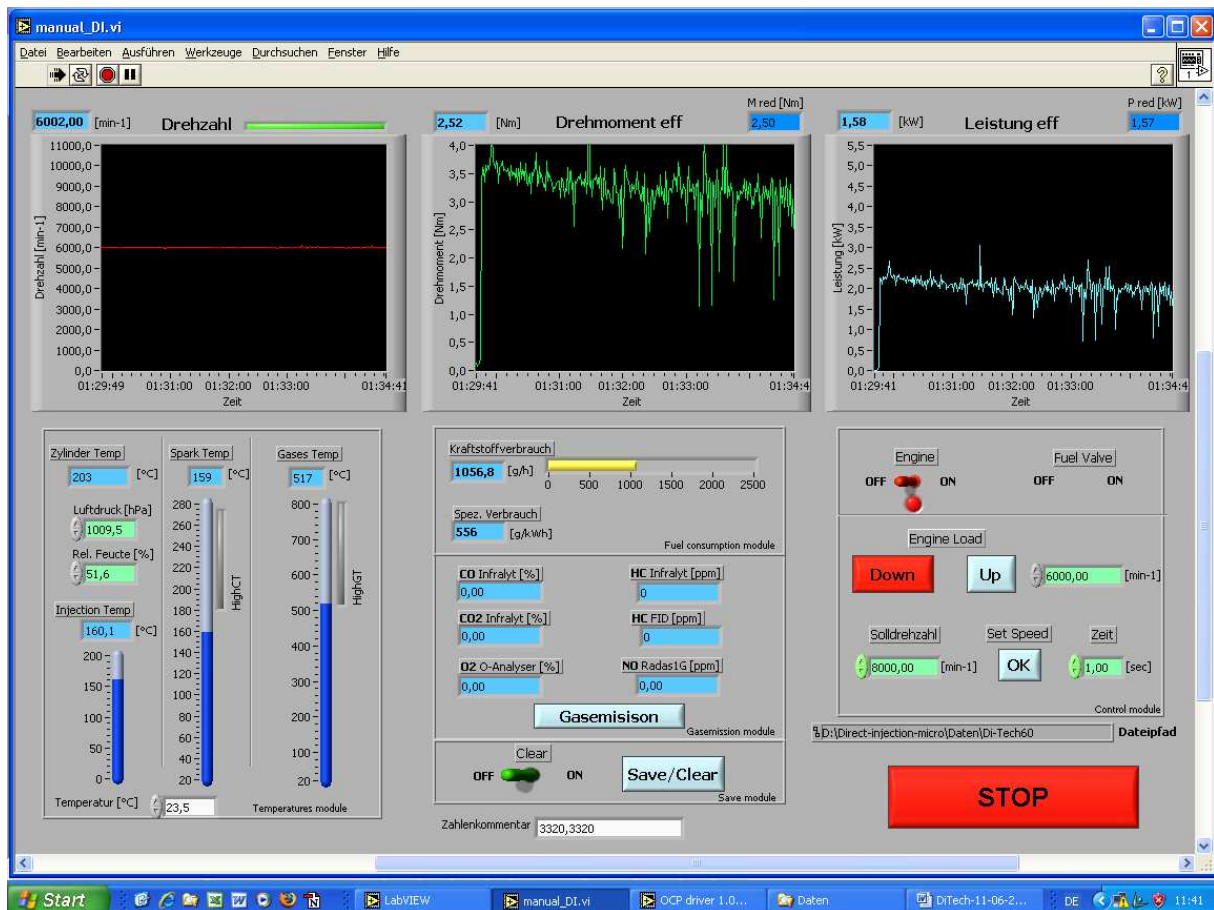
Messung 2 am 22.06.2011 Drehzahl: 6000 min<sup>-1</sup> Schrauben und Blech rot glühend!

Delay Fuel: 3,7 ms Injection Fuel: 1,4 ms Delay Air: 3,3 ms Injection Air: 1,8ms

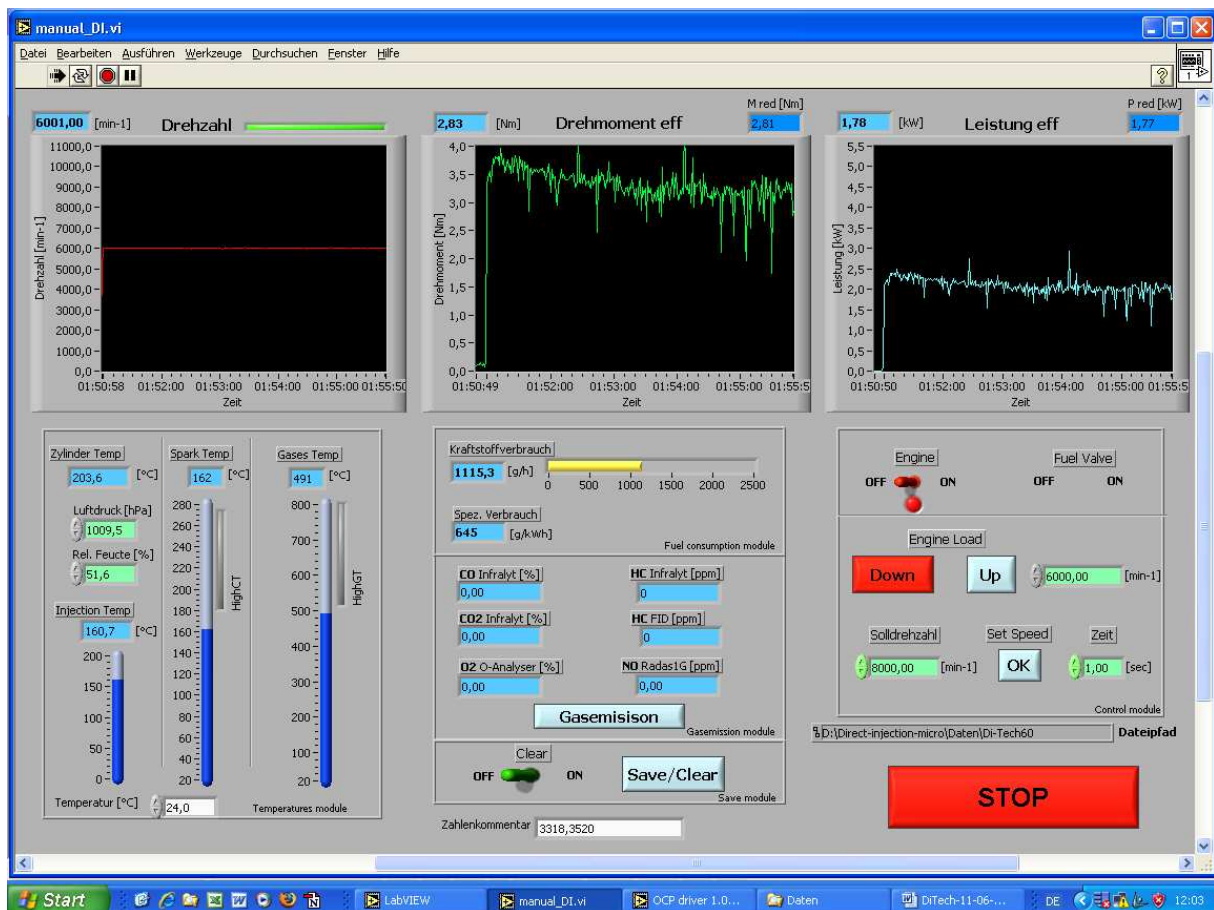




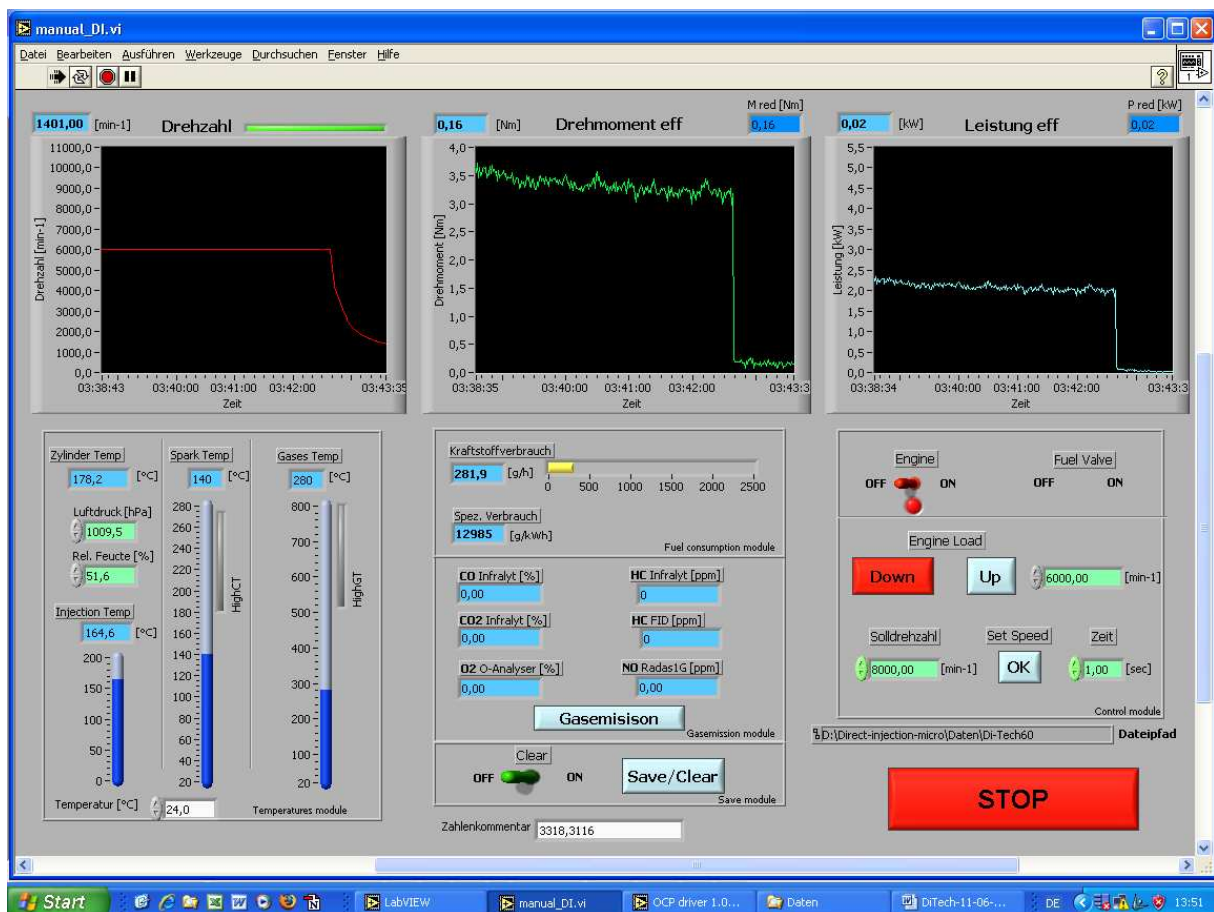
Messung 3 am 22.06.2011 Drehzahl: 6000 min<sup>-1</sup> Schraube am Auspuff gelöst!  
 Delay Fuel: 3,7 ms Injection Fuel: 1,4 ms Delay Air: 3,3 ms Injection Air: 1,8ms



Messung 4 am 22.06.2011 Drehzahl: 6000 min<sup>-1</sup> mehr Fehlzündungen / unruhiger  
 Delay Fuel: 3,3 ms Injection Fuel: 2,0 ms Delay Air: 3,3 ms Injection Air: 2,0ms



Messung 5 am 22.06.2011 Drehzahl: 6000 min<sup>-1</sup> Fehlzündungen / etwas unruhig  
 Delay Fuel: 3,3 ms Injection Fuel: 1,8 ms Delay Air: 3,5 ms Injection Air: 2,0ms

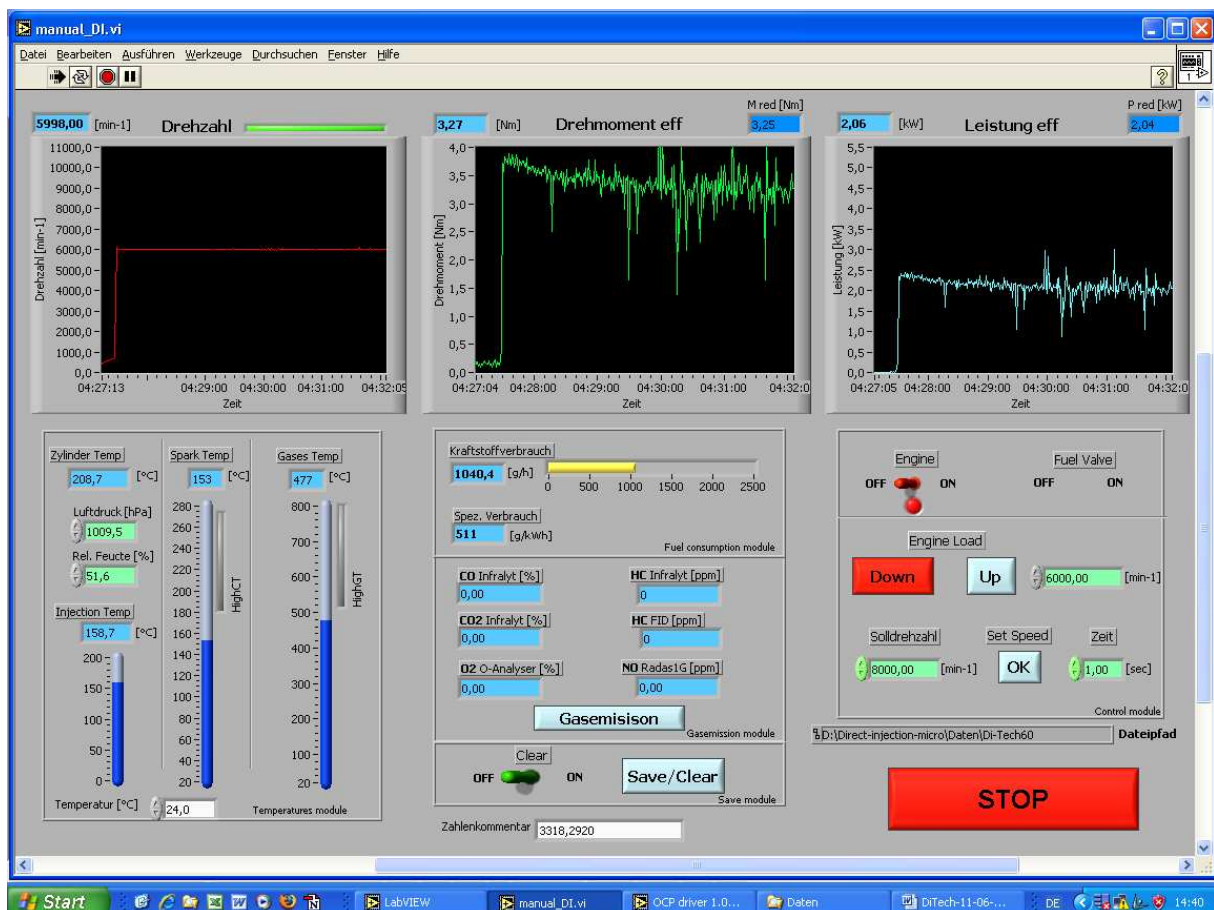


Messung 6 am 22.06.2011 Drehzahl: 6000 min<sup>-1</sup> hohe Leistung/Auspuff rot glühend  
 Delay Fuel: 3,3 ms Injection Fuel: 1,8 ms Delay Air: 3,1 ms Injection Air: 1,6ms

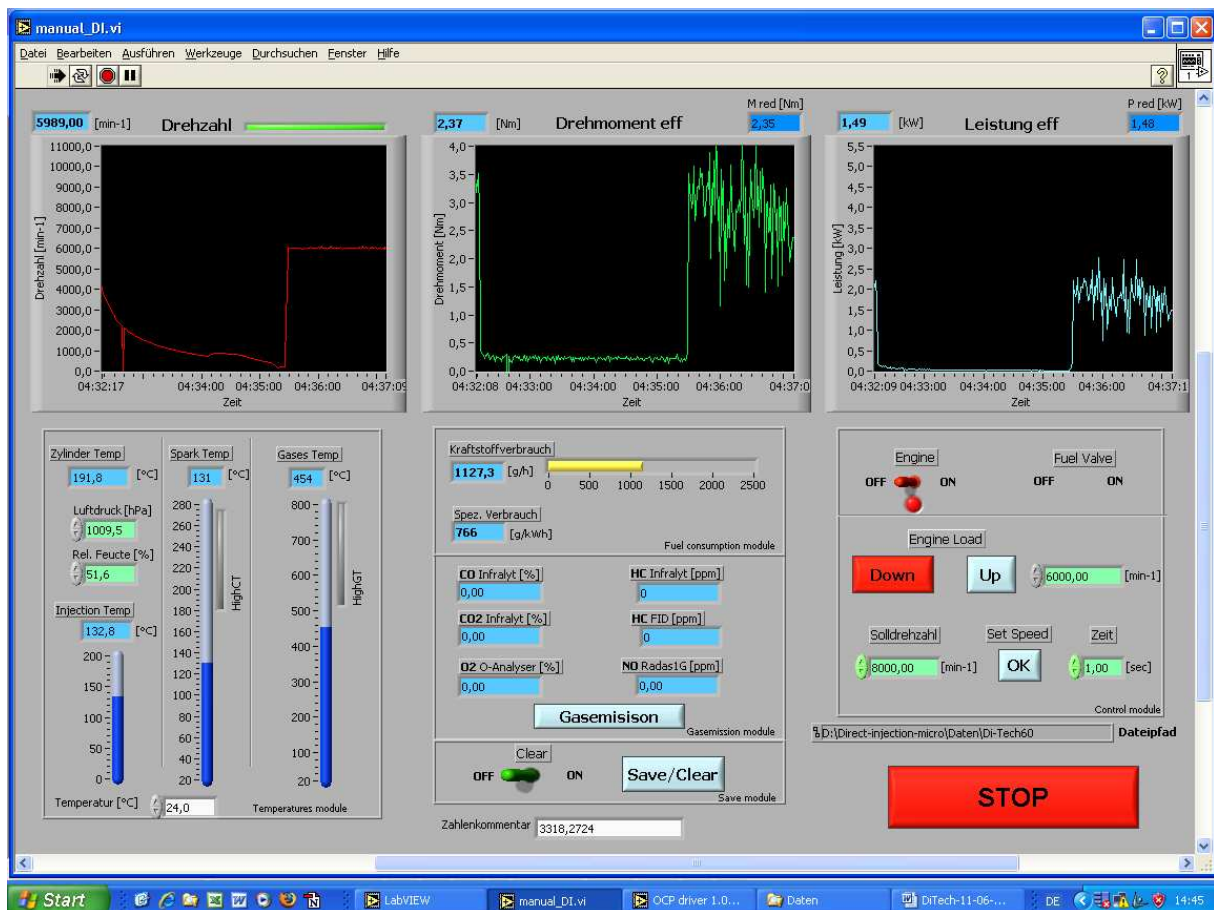




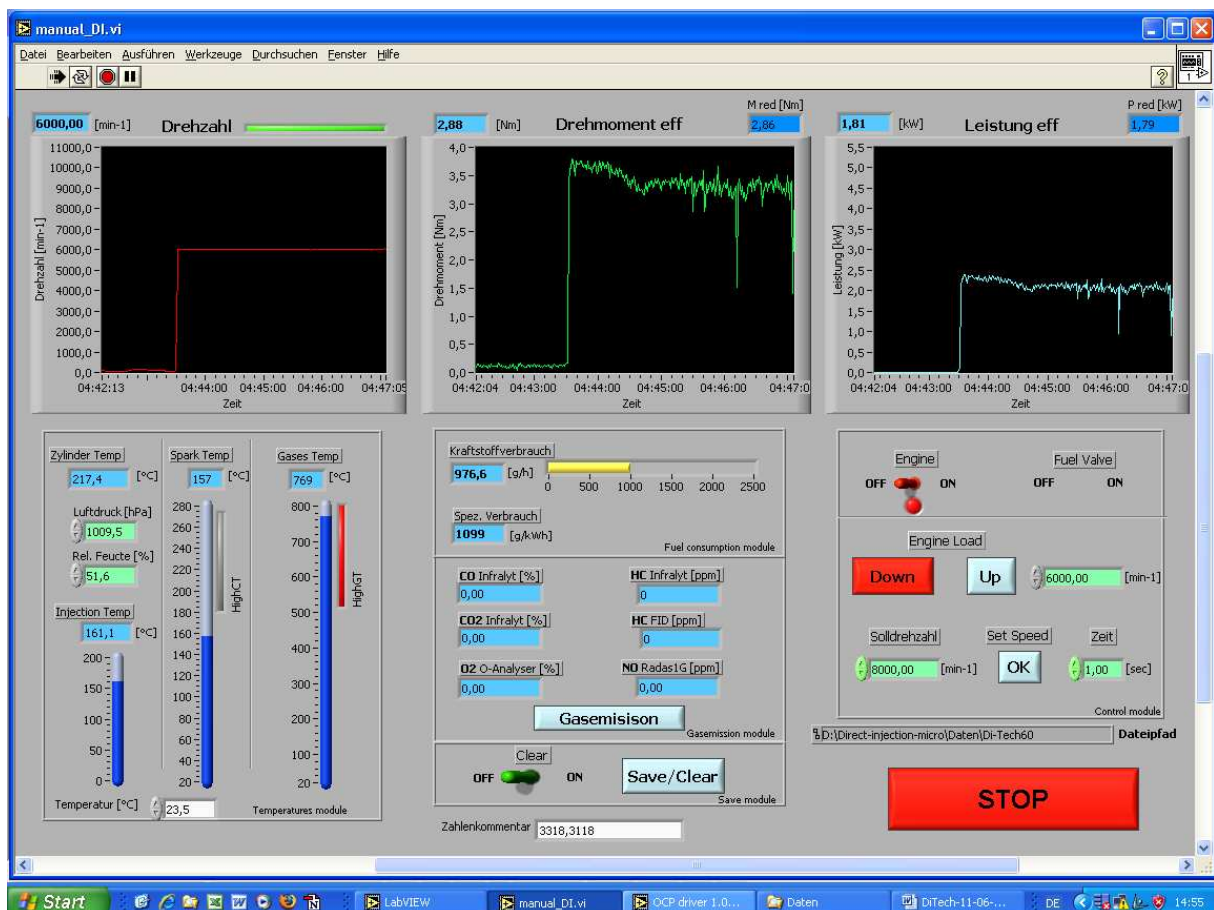
Messung 7 am 22.06.2011 Drehzahl: 6000 min<sup>-1</sup> Zündaussetzer  
 Delay Fuel: 3,3 ms Injection Fuel: 1,8 ms Delay Air: 3,1 ms Injection Air: 2,0ms



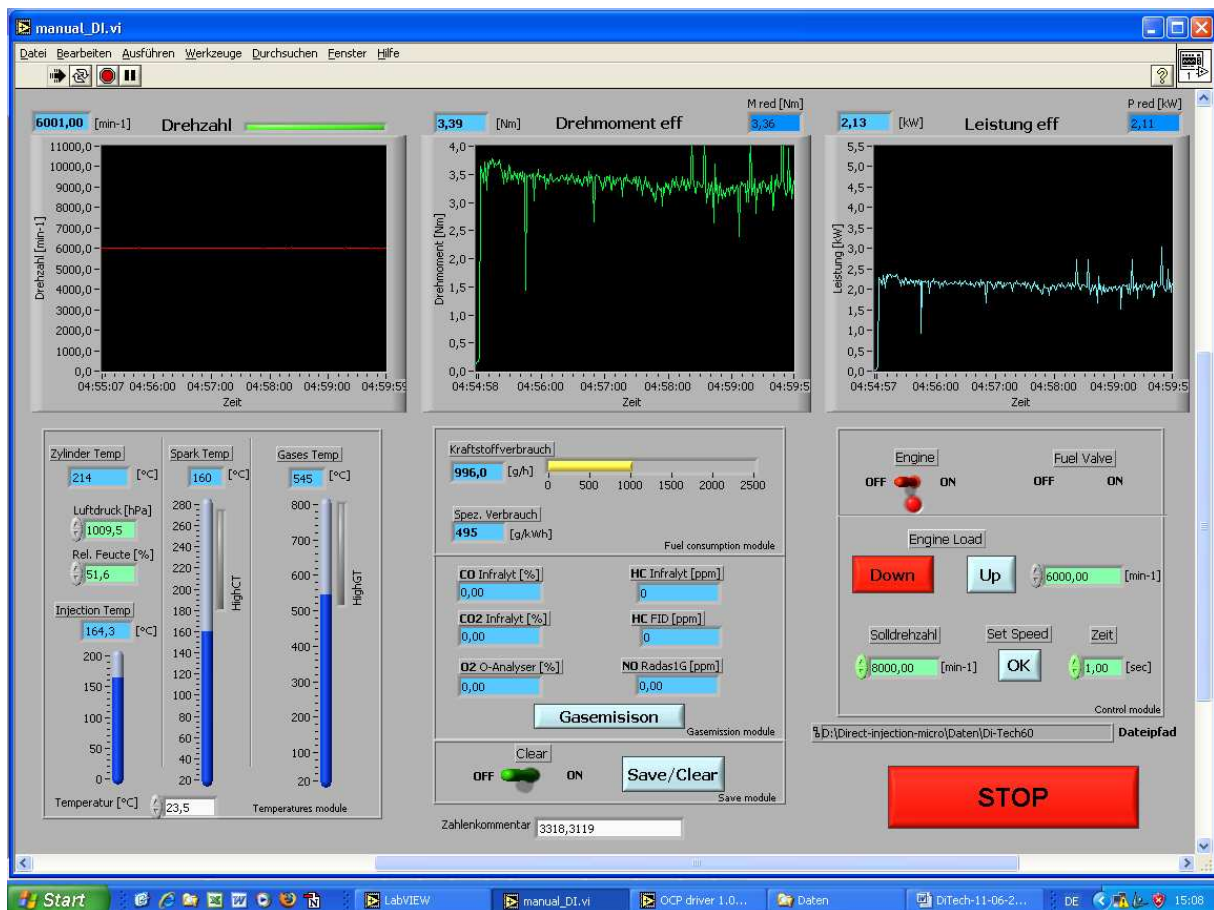
Messung 8 am 22.06.2011 Drehzahl: 6000 min<sup>-1</sup> Fehlzündungen  
 Delay Fuel: 3,3 ms Injection Fuel: 1,8 ms Delay Air: 2,9 ms Injection Air: 2,0ms



Messung 9 am 22.06.2011 Drehzahl: 6000 min<sup>-1</sup> sehr unruhig  
 Delay Fuel: 3,3 ms Injection Fuel: 1,8 ms Delay Air: 2,7 ms Injection Air: 2,4ms



Messung 10 am 22.06.2011 Drehzahl: 6000 min<sup>-1</sup> Leistung hoch / Temperatur hoch  
 Delay Fuel: 3,3 ms Injection Fuel: 1,8 ms Delay Air: 3,1 ms Injection Air: 1,8ms



Messung 11 am 22.06.2011 Drehzahl: 6000 min<sup>-1</sup> Temperatur gut / Zündaussetzer  
 Delay Fuel: 3,3 ms Injection Fuel: 1,8 ms Delay Air: 3,1 ms Injection Air: 1,9ms



Messung 12 am 22.06.2011 Drehzahl: 6000 min<sup>-1</sup> Temperatur gut / Zündaussetzer  
 Delay Fuel: 3,2 ms Injection Fuel: 1,9 ms Delay Air: 3,1 ms Injection Air: 1,9ms



Tiempo [ms]	Retraso combustible [ms]	3,3	3,5	3,1		
	Inyección combustible [ms]	1,9	1,8	2		
	Retraso aire [ms]	3,1	3,1	3,1		
	Inyección aire [ms]	2,1	1,9	1,9		
Resultado de las mediciones	Revoluciones [min <sup>-1</sup> ]	6000	6000	6000		
	Rendimiento [Nm]	1.93	1.93	2.01		
	Par [kW]	3.07	3.08	3.2		
	Consumo [g/h]	959.17	897.05	982.39		
Temperatura [°C]	Cilindro [° C]	176.98	188.38	191.46		
	Bujía [° C]	122.33	134.19	143.56		
	Escape [° C]	395.31	448.32	407.1		
	Inyección [° C]	131.02	160.59	160.45		
Comentarios	Instantes iniciales	Partimos a partir de la mejor configuración del 22.06.2011 que es 33-18-31-19. Más aire y más combustible.	Par inicial sobre 3.3Nm. Gráfica mucho más horizontal y cte.	Par inicial sobre 3.7Nm.		
	Con motor en funcionamiento	Par inicial muy por encima de 4Nm aunque no lo podemos observar en LabView porque la escala es hasta 4Nm.	Sigue la gráfica horizontal pero con picos sobre todo hacia abajo.	Gráfica sin picos. Baja cte hasta unos 3.2Nm.  Tgases por debajo de 400 a minuto.		
	Duración	Muchos picos hacia abajo al minuto y medio. Muy mala gráfica.	Temperaturas bajas. Consumo bajo 966 g/h a los 5 min.	A los 5 min grandes picos pero las Temperaturas siguen bajas.  Baja un poco rend. y par respecto a 33183119 pero baja mucho la Tgas como unos		

Tiempo [ms]	Retraso combustible [ms]	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9
	Inyección combustible [ms]	1,6	1,7	1,8	1,8	1,6
	Retraso aire [ms]	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9
	Inyección aire [ms]	1,7	1,8	1,9	2,1	1,9
Resultado de las mediciones	Revoluciones [min <sup>-1</sup> ]	<b>7000</b>	7000	7000	7000	7000
	Rendimiento [kW]					
	Par [Nm]					
	Consumo [g/h]					
Temperatura [°C]	Cilindro [° C]					
	Bujía [° C]					
	Escape [° C]					
	Inyección [° C]					
Comentarios	Instantes iniciales	Con 7000min-1 los datos de Dolmar son aprox. 2.7Nm y 2.2kW.  Salida al rojo vivo. Pequeñas chispas.	Par y rend. más altos debido a que hay muchos más picos. No es cte ni horizontal.	Cada vez los picos son más abruptos.  Tgas bajas por debajo de 500°C.  Se cala al final otra ve.	Valores bajos y con sonido muy extraño.  Alto consumo 600 g/kWh	Le cuesta arrancar 4 o 5 veces.  Mejor gráfica aunque con muchos picos aún.
	Con motor en funcionamiento	Se cala al bajarla a idle speed.  Par y rendimiento bastante horizontales aunque con algún pico.	Tgases mas bajas a los 2 min.  Se vuelve a calar al final cuando se pone en idle speed.			Lleva una media de 3Nm y 2kW.  Tgas de 450 a los 2 min.
	Duración					Picos muy elevados por encima de 4Nm.

Banco de pruebas motor

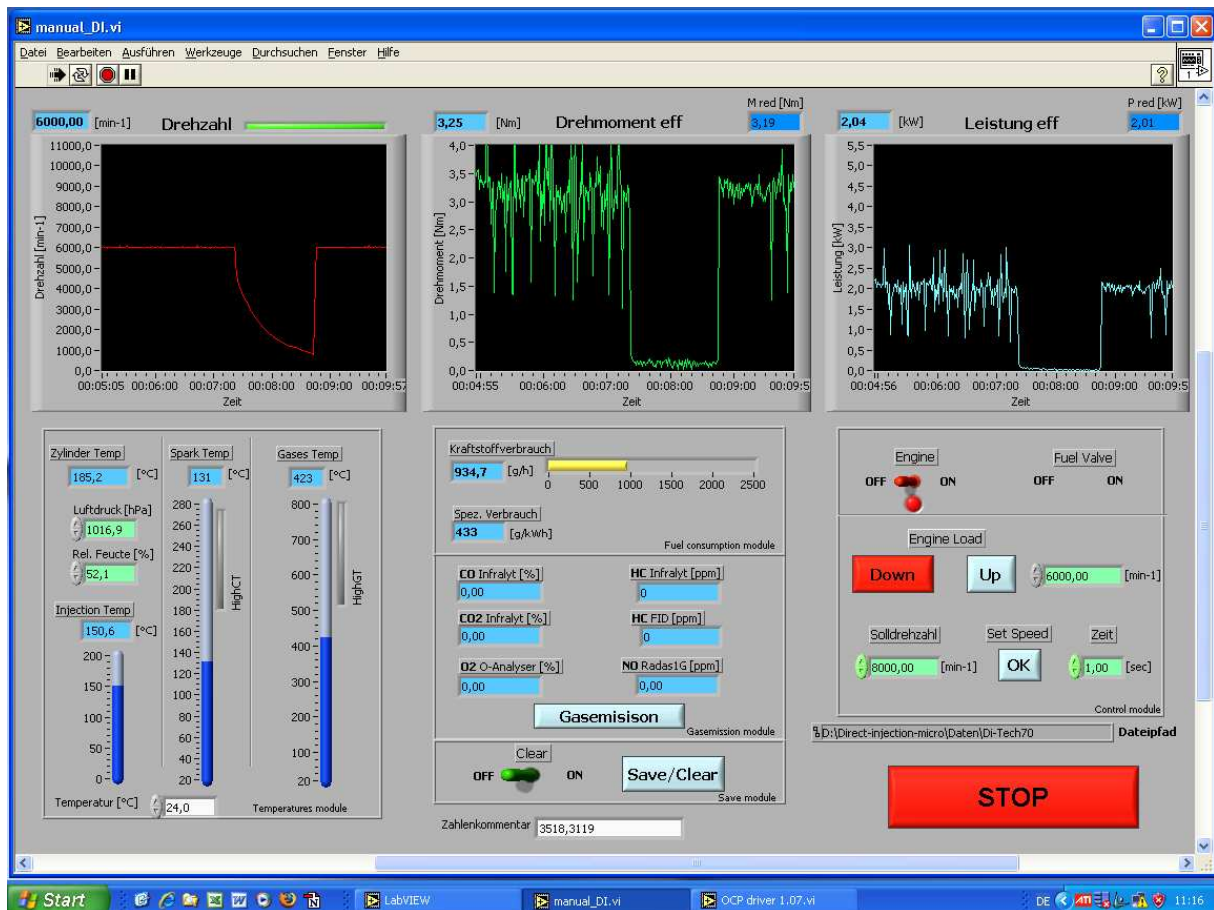
Evaluación general    Fecha:

Motosierra Dolmar 115i

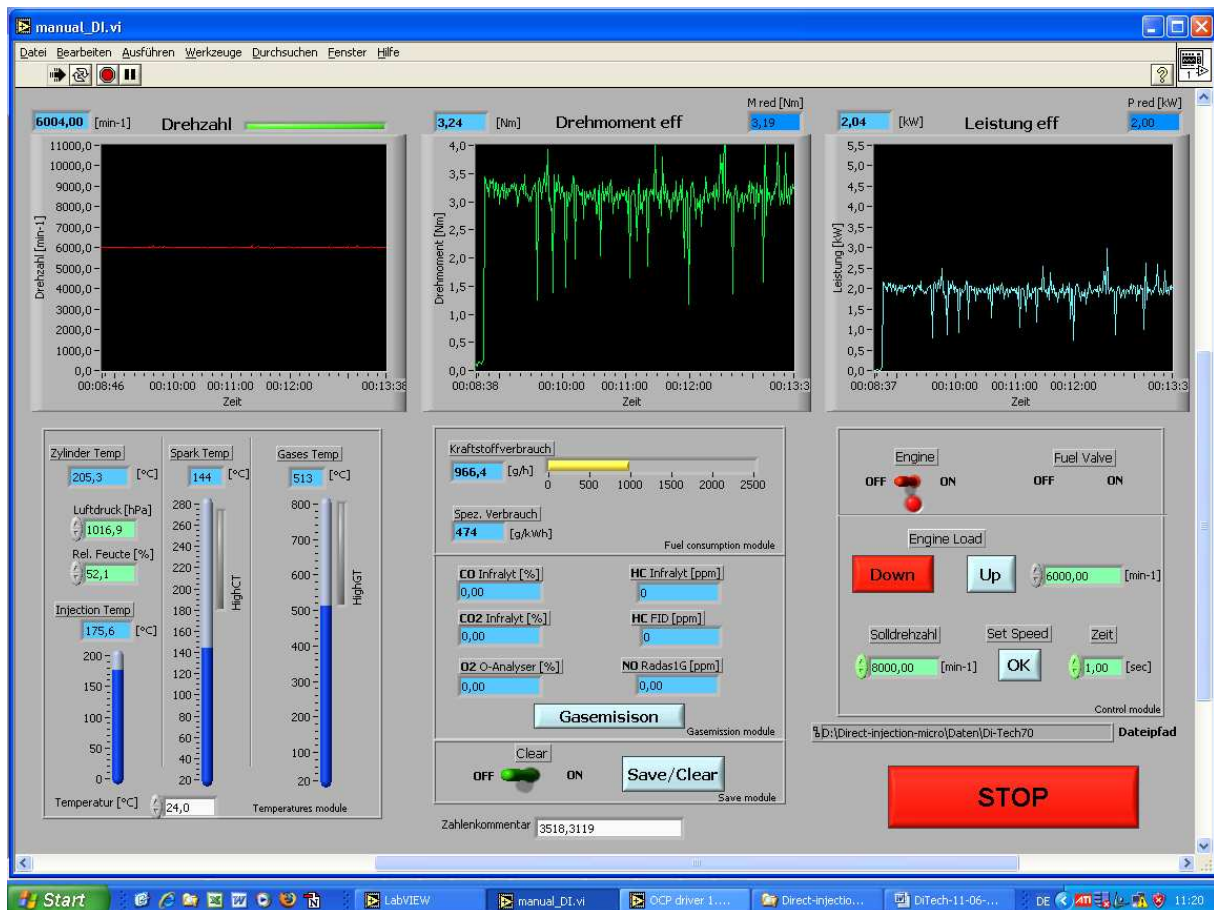
Tiempo [ms]	Retraso combustible [ms]	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8
	Inyección combustible [ms]	1,6	1,7	1,8	1,9	2
	Retraso aire [ms]	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8
	Inyección aire [ms]	1,7	1,9	1,9	1,9	2
Resultado de las mediciones	Revoluciones [min <sup>-1</sup> ]	7000	7000	7000	7000	7000
	Rendimiento [Nm]					
	Par [kW]					
	Consumo [g/h]					
Temperatura [°C]	Cilindro [° C]					
	Bujía [° C]					
	Escape [° C]					
	Inyección [° C]					
Comentarios	Instantes iniciales	Cuesta arrancar.  Mejor sonido.  Par inicial sobre 3Nm.	Cuesta arrancar.  T gas sobre 450 a los 2 min. Gráfica con muchos picos sobre todo hacia abajo.	Cuesta arrancar.  Petardeo.  Pico muy alto al principio de 4Nm.	Grafica con muchos picos . Tgas por debajo de 500°C.  Gráfica rara.	Par inicial por encima de 4Nm.  Picos iniciales muy altos.  Gráfica muy oblicua hacia abajo con muchos picos hacia abajo también.
	Con motor en funcionamiento	Sigue habiendo picos, mas bajos que altos.  Tgas sobre 550°C a los 2 min.	Par sobre 3Nm aunque con muchos picos.	Par sobre 3Nm pero con picos. Rendimiento sobre 2.0kW.  Tgas por debajo de 500°C		Alto consumo.
	Duración	Y se cala.				1184 g/h a los 2 min.

Tiempo [ms]	Retraso combustible [ms]	2,7	2,7	2,6	2,6	
	Inyección combustible [ms]	1,6	1,8	1,6	1,8	
	Retraso aire [ms]	2,7	2,7	2,6	2,6	
	Inyección aire [ms]	1,7	1,9	1,7	1,9	
Resultado de las mediciones	Revoluciones [min <sup>-1</sup> ]	7000	7000	7000	7000	
	Rendimiento [Nm]					
	Par [kW]					
	Consumo [g/h]					
Temperatura [°C]	Cilindro [° C]					
	Bujía [° C]					
	Escape [° C]					
	Inyección [° C]					
Comentarios	Instantes iniciales	Gráfica mucho más horizontal y sin picos en el primer minuto.  Par alrededor de 3.1 y rendimiento sobre 2.2kW.	Pico muy bajo y muy alto al principio.  Muchos picos arriba y abajo k parecen simétricos.	Gráfica con muchos menos picos al principio. Tgas por debajo de 450 en el 1ºminn.	Gráfica horizontal pero con picos. A partir del 1º min muchos picos y muy acentuados.	
	Con motor en funcionamiento	Tº por debajo de 500°C y consumo sobre 1100 g/h todo a los 2 min.  Picos muy elevados por encima de 4Nm. Gráfica sigue muy horizontal. Tº no llega a 600	Se cala.	A partir del 1º min empiezan picos por encima de 4Nm y por debajo de 1.5Nm. Tgas por 500°C.	Tº gas por debajo de 500°C.	
	Duración	Empieza a haber muxos picos. Salida al rojo vivo.		Consumo de 1100g/h.		

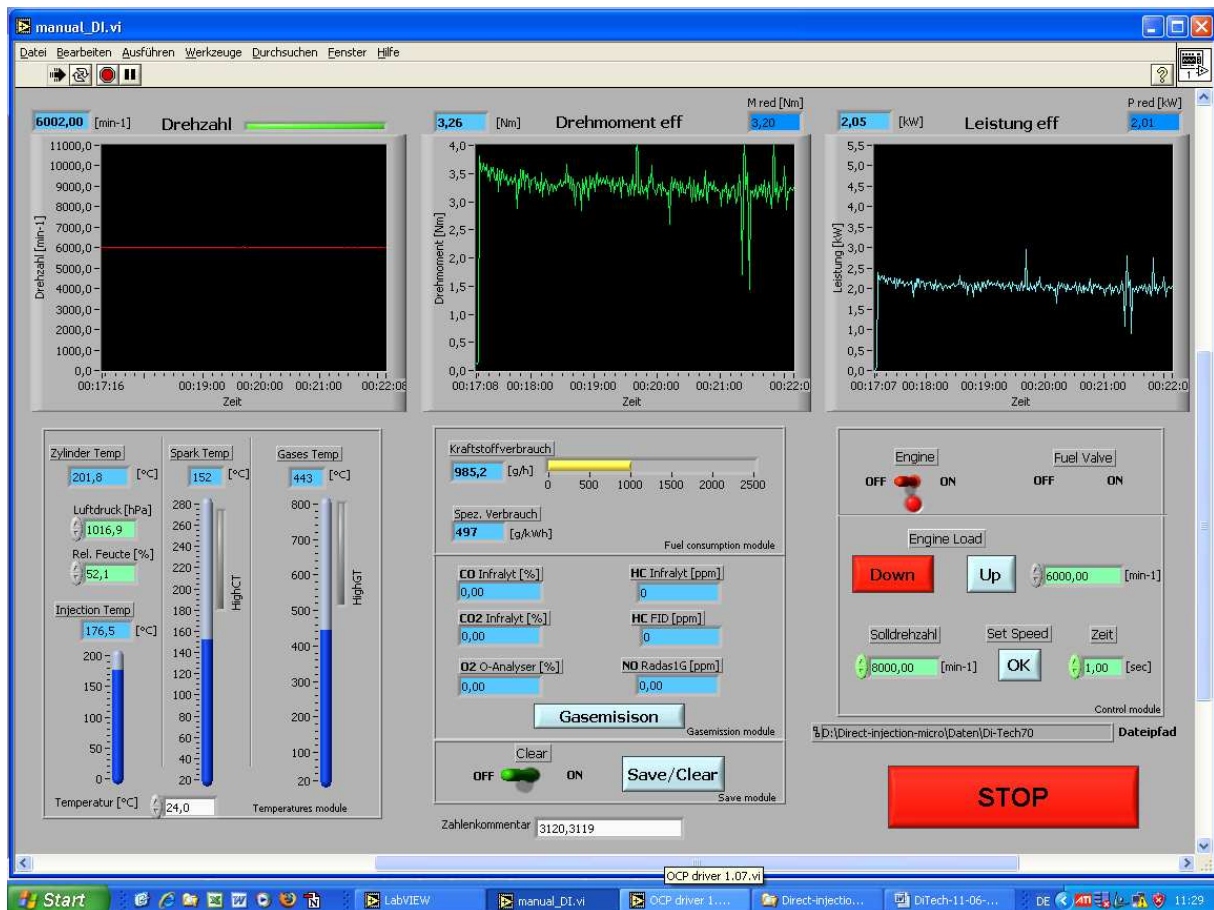




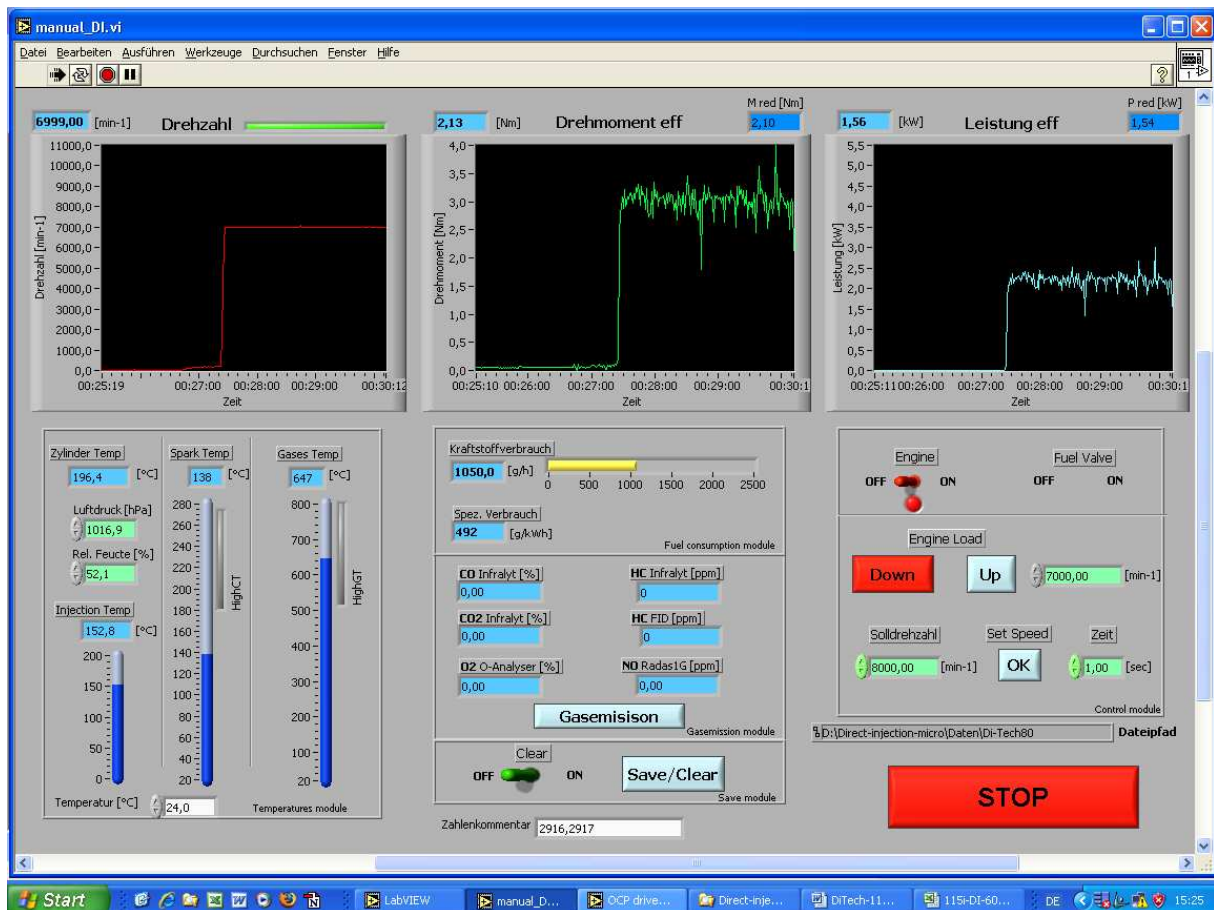
Messung 1 am 28.06.2011 Drehzahl: 6000 min<sup>-1</sup>: unruhig  
 Fuel Delay: 3,3ms Fuel Inject: 1,9ms Air Delay: 3,1ms Air Inject: 2,1ms



Messung 2 am 28.06.2011 Drehzahl: 6000 min<sup>-1</sup>: unruhig  
 Fuel Delay: 3,5ms Fuel Inject: 1,8ms Air Delay: 3,1ms Air Inject: 1,9ms

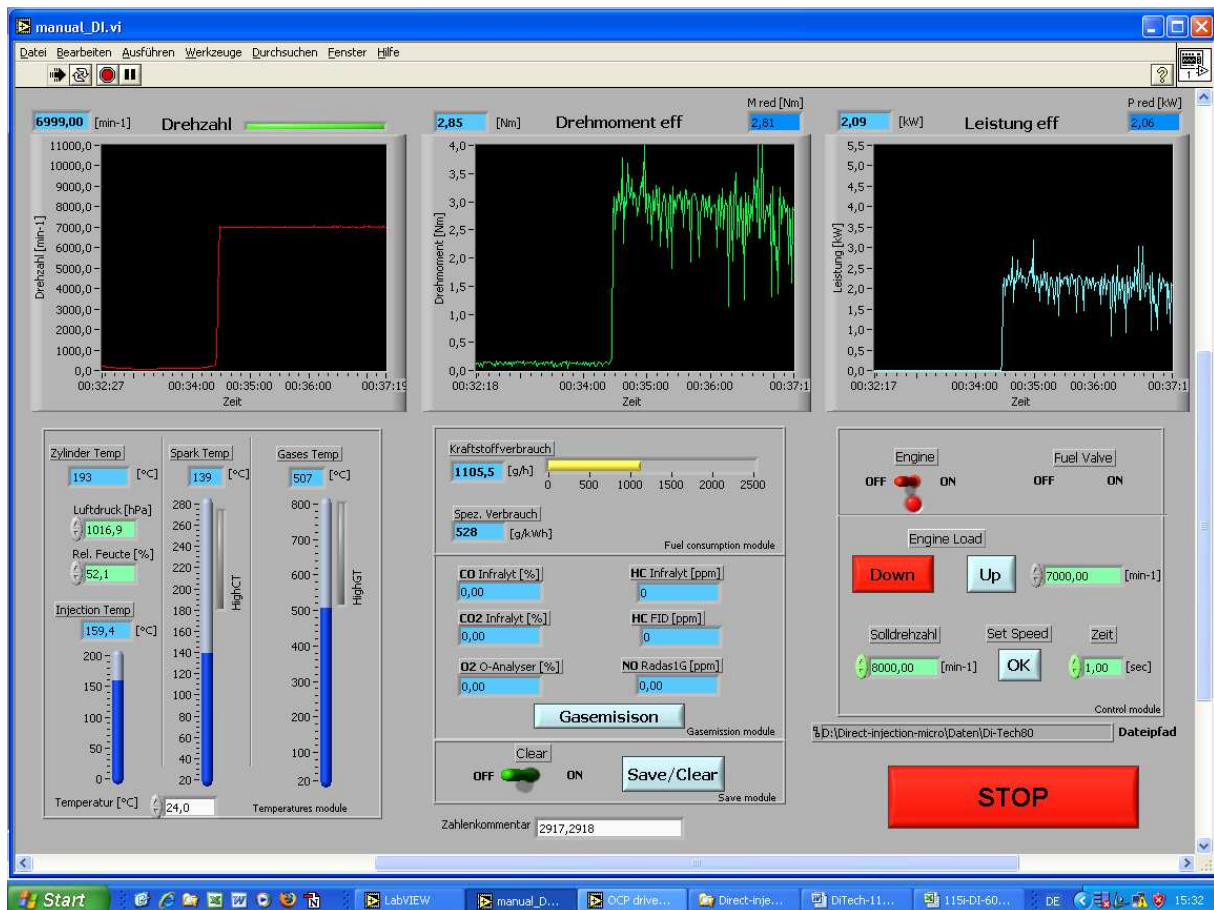


Messung 3 am 28.06.2011 Drehzahl: 6000 min<sup>-1</sup>: unruhig  
 Fuel Delay: 3,1ms Fuel Inject: 2,0ms Air Delay: 3,1ms Air Inject: 1,9ms

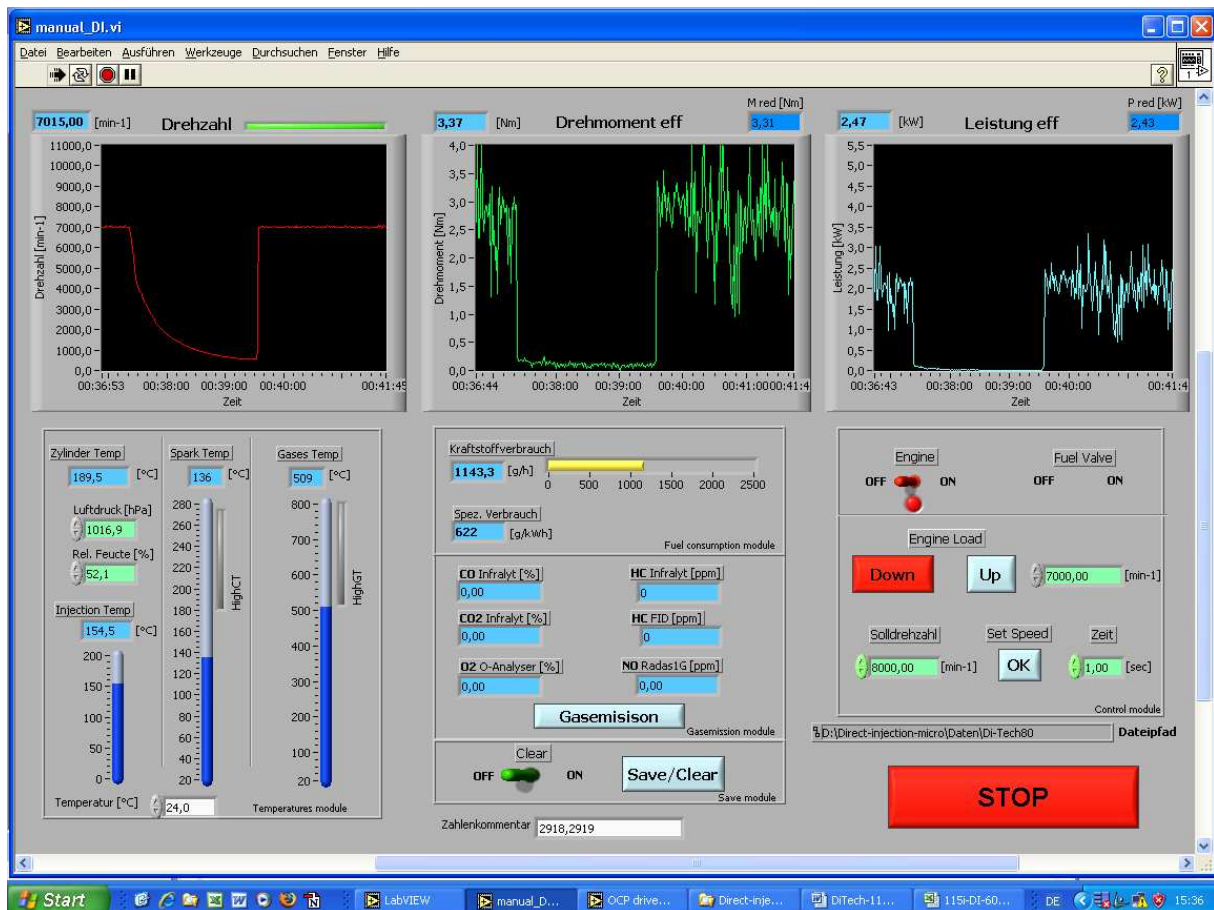


Messung 4 am 28.06.2011 Drehzahl: 7000 min<sup>-1</sup>: ruhig / Auspuffschrauben rot  
 Fuel Delay: 2,9ms Fuel Inject: 1,6ms Air Delay: 2,9ms Air Inject: 1,7ms

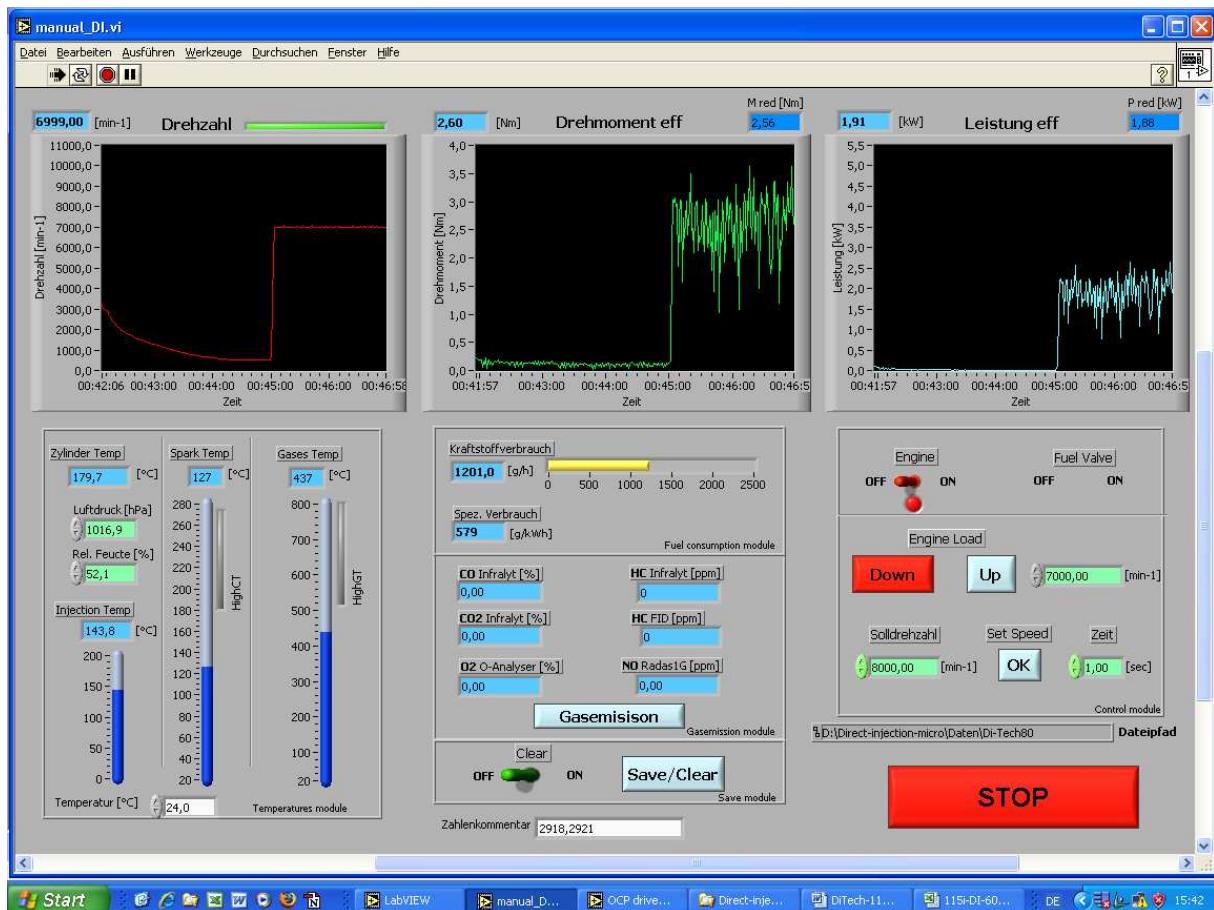




Messung 5 am 28.06.2011 Drehzahl: 7000 min<sup>-1</sup>: unstetig  
 Fuel Delay: 2,9ms Fuel Inject: 1,7ms Air Delay: 2,9ms Air Inject: 1,8ms

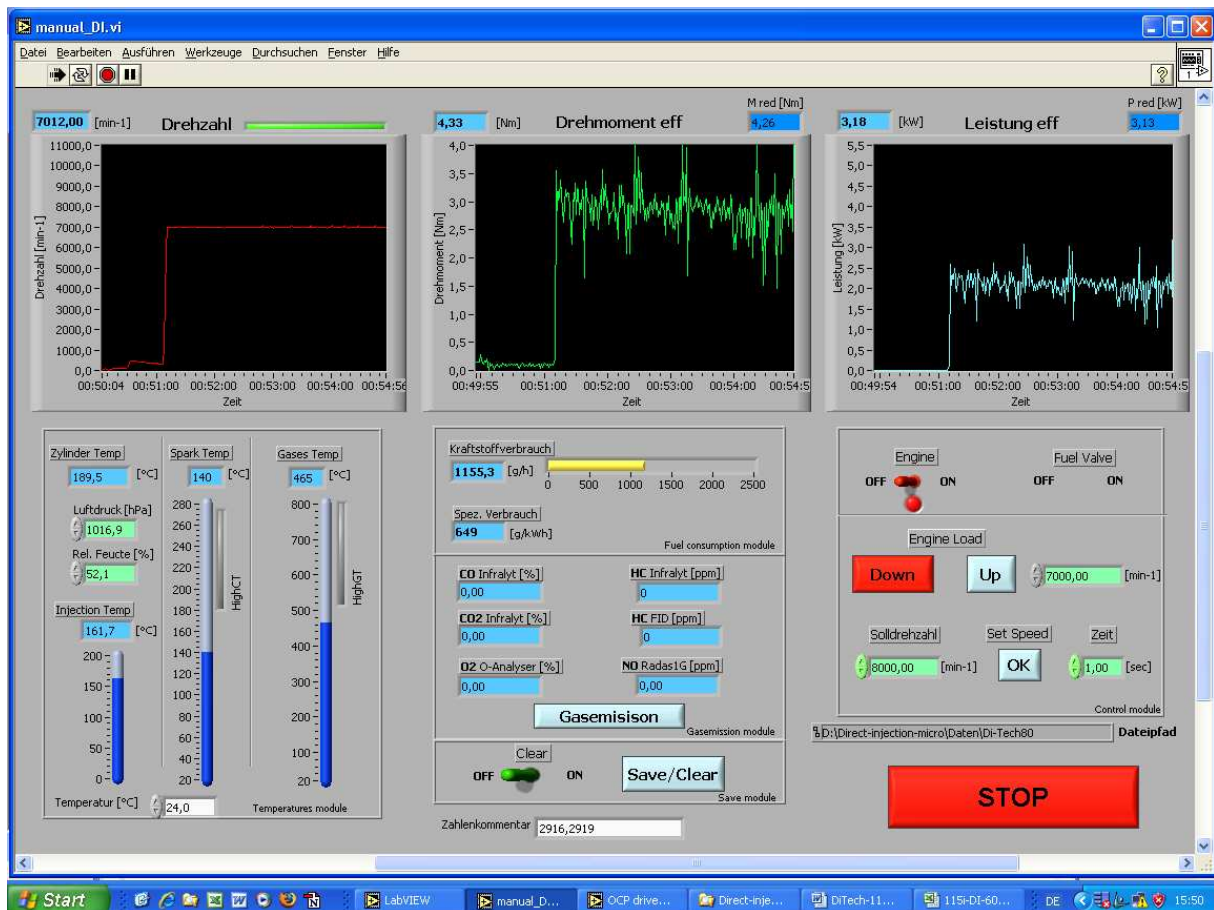


Messung 6 am 28.06.2011 Drehzahl: 7000 min<sup>-1</sup>:  
 Fuel Delay: 2,9ms Fuel Inject: 1,8ms Air Delay: 2,9ms Air Inject: 1,9ms



Messung 7 am 28.06.2011 Drehzahl: 7000 min<sup>-1</sup>:

Fuel Delay: 2,9ms Fuel Inject: 1,8ms Air Delay: 2,9ms Air Inject: 2,1ms



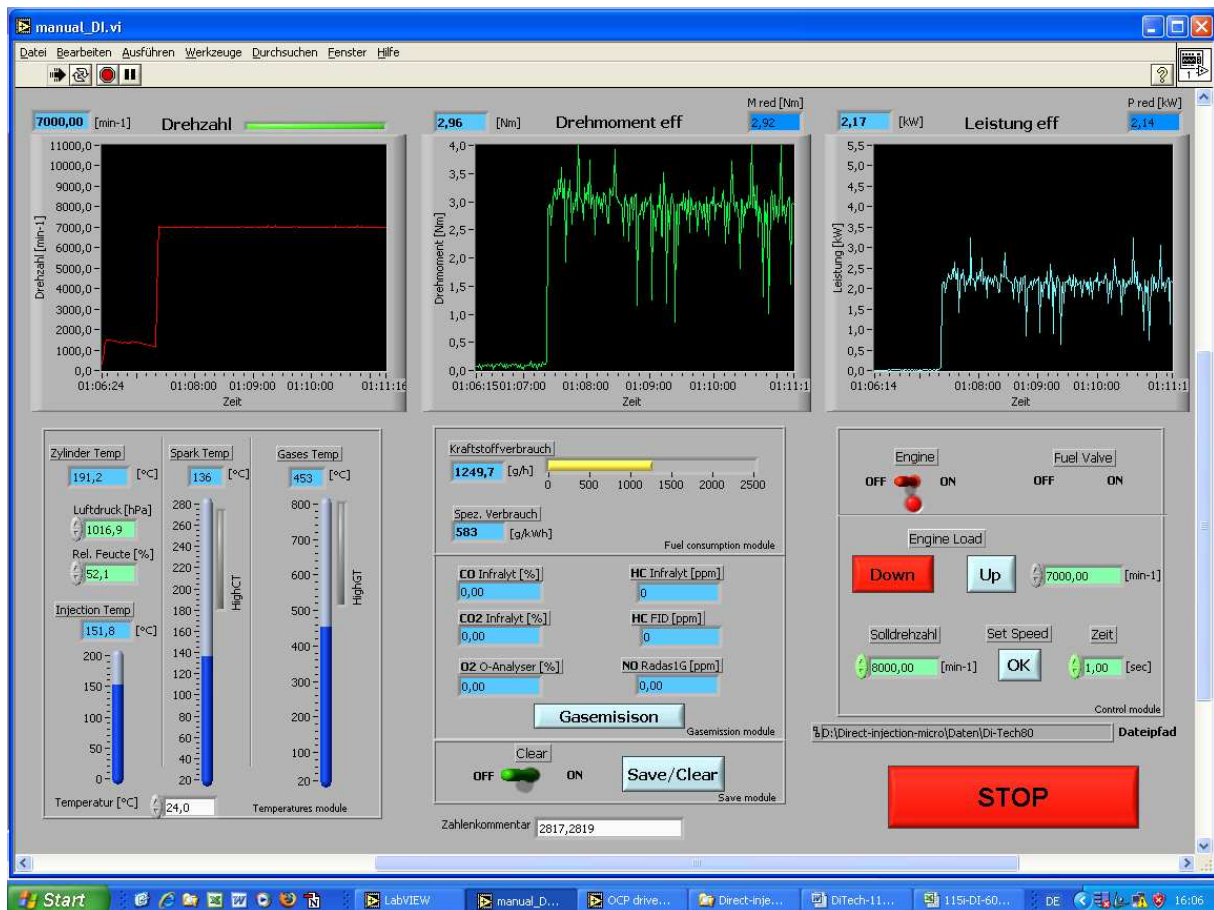
Messung 8 am 28.06.2011 Drehzahl: 7000 min<sup>-1</sup>:

Fuel Delay: 2,9ms Fuel Inject: 1,6ms Air Delay: 2,9ms Air Inject: 1,9ms





Messung 9 am 28.06.2011 Drehzahl: 7000 min<sup>-1</sup>: wenige Fehlzündungen  
 Fuel Delay: 2,8ms Fuel Inject: 1,6ms Air Delay: 2,8ms Air Inject: 1,7ms

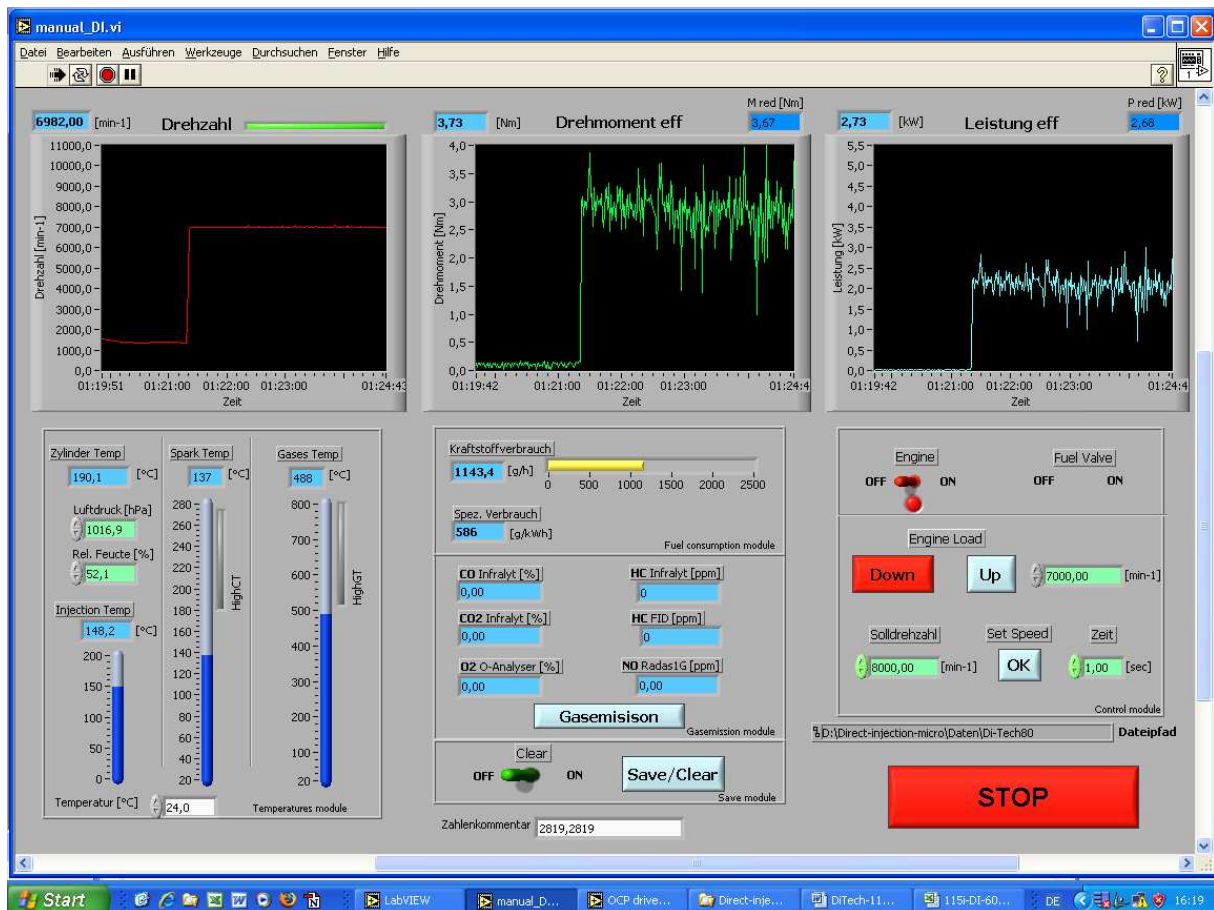


Messung 10 am 28.06.2011 Drehzahl: 7000 min<sup>-1</sup>: ruhiger mit Aussetzern  
 Fuel Delay: 2,8ms Fuel Inject: 1,7ms Air Delay: 2,8ms Air Inject: 1,9ms



Messung 11 am 28.06.2011 Drehzahl: 7000 min<sup>-1</sup>:

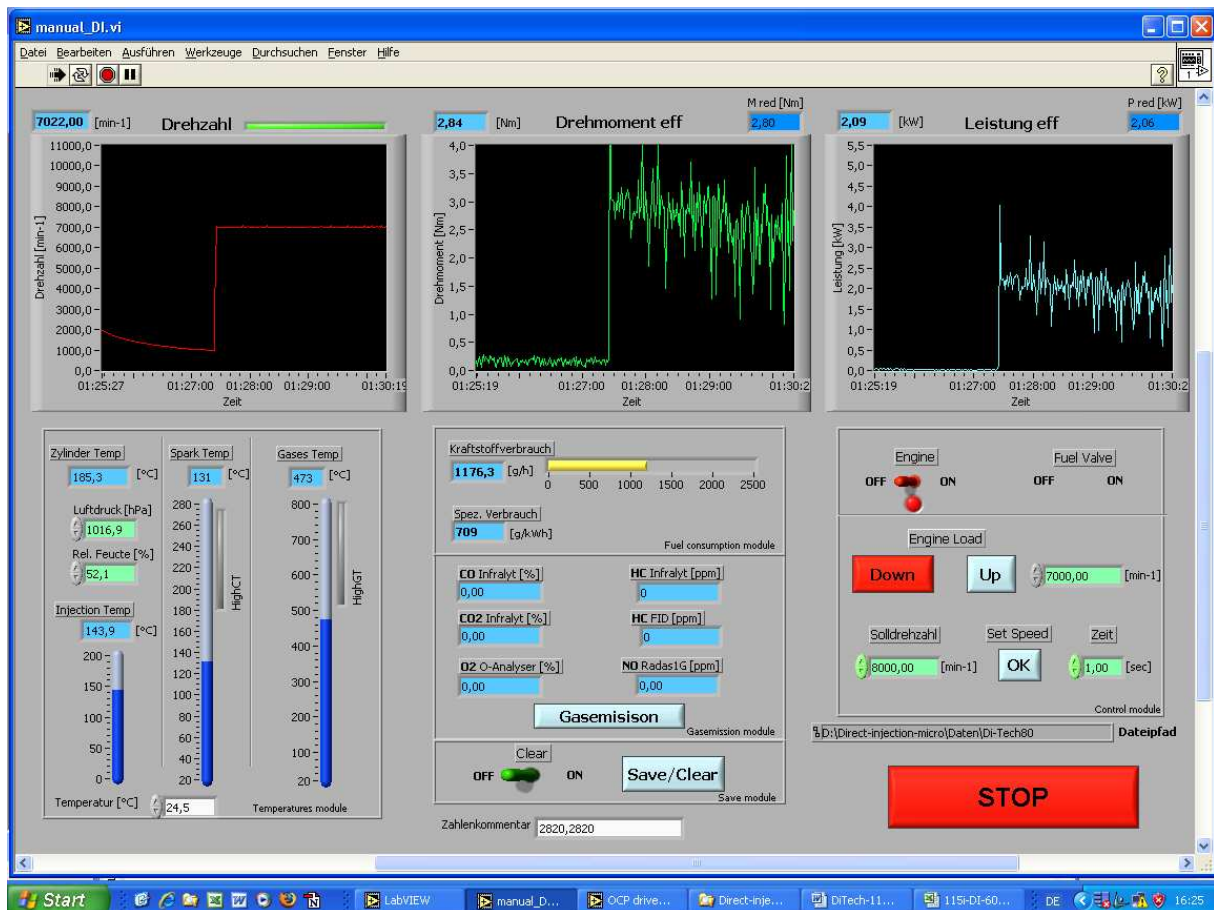
Fuel Delay: 2,8ms Fuel Inject: 1,8ms Air Delay: 2,8ms Air Inject: 1,9ms



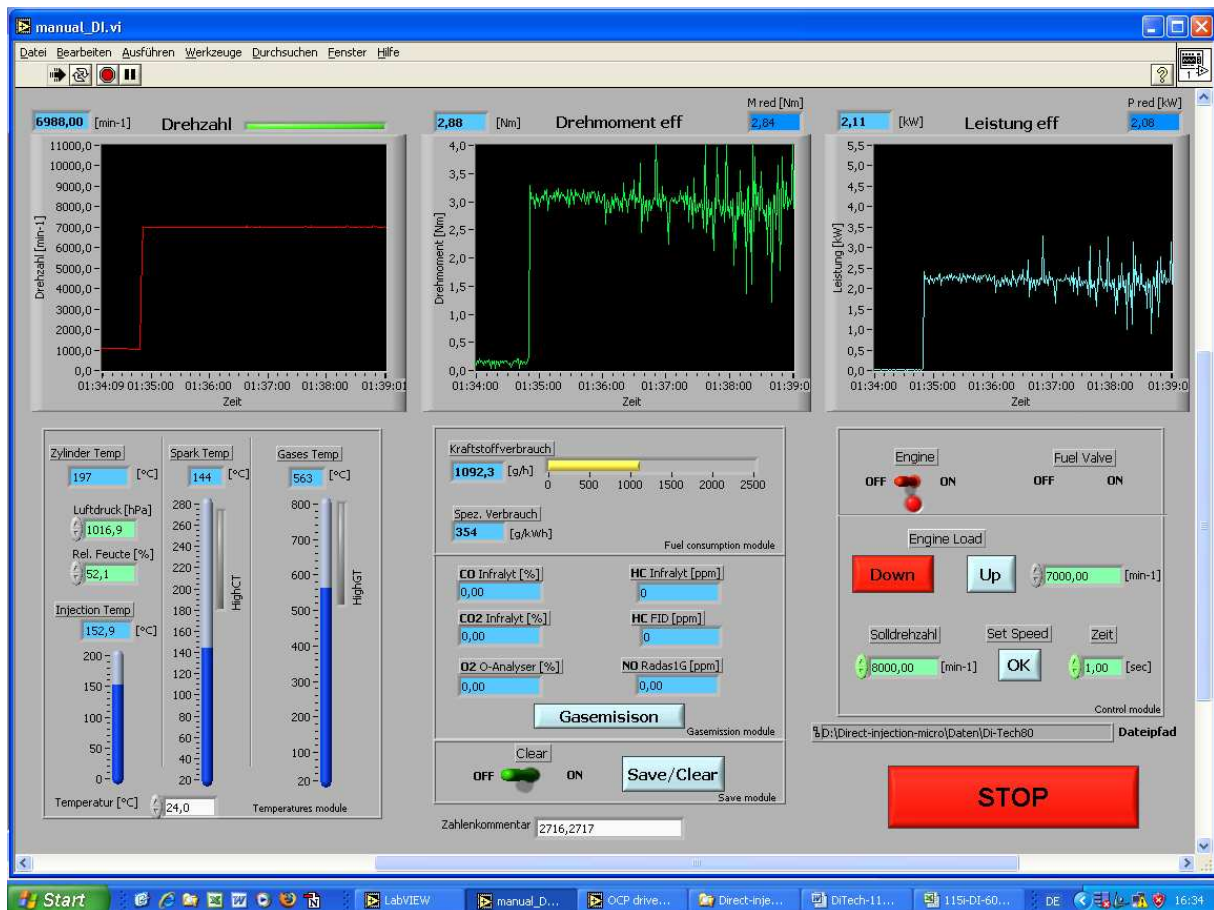
Messung 12 am 28.06.2011 Drehzahl: 7000 min<sup>-1</sup>: unruhig

Fuel Delay: 2,8ms Fuel Inject: 1,9ms Air Delay: 2,8ms Air Inject: 1,9ms





Messung 13 am 28.06.2011 Drehzahl: 7000 min<sup>-1</sup>: Fehlzündungen  
 Fuel Delay: 2,8ms Fuel Inject: 2,0ms Air Delay: 2,8ms Air Inject: 2,0ms



Messung 14 am 28.06.2011 Drehzahl: 7000 min<sup>-1</sup>: ruhiger, zum Ende unruhiger  
 Fuel Delay: 2,7ms Fuel Inject: 1,6ms Air Delay: 2,7ms Air Inject: 1,7ms

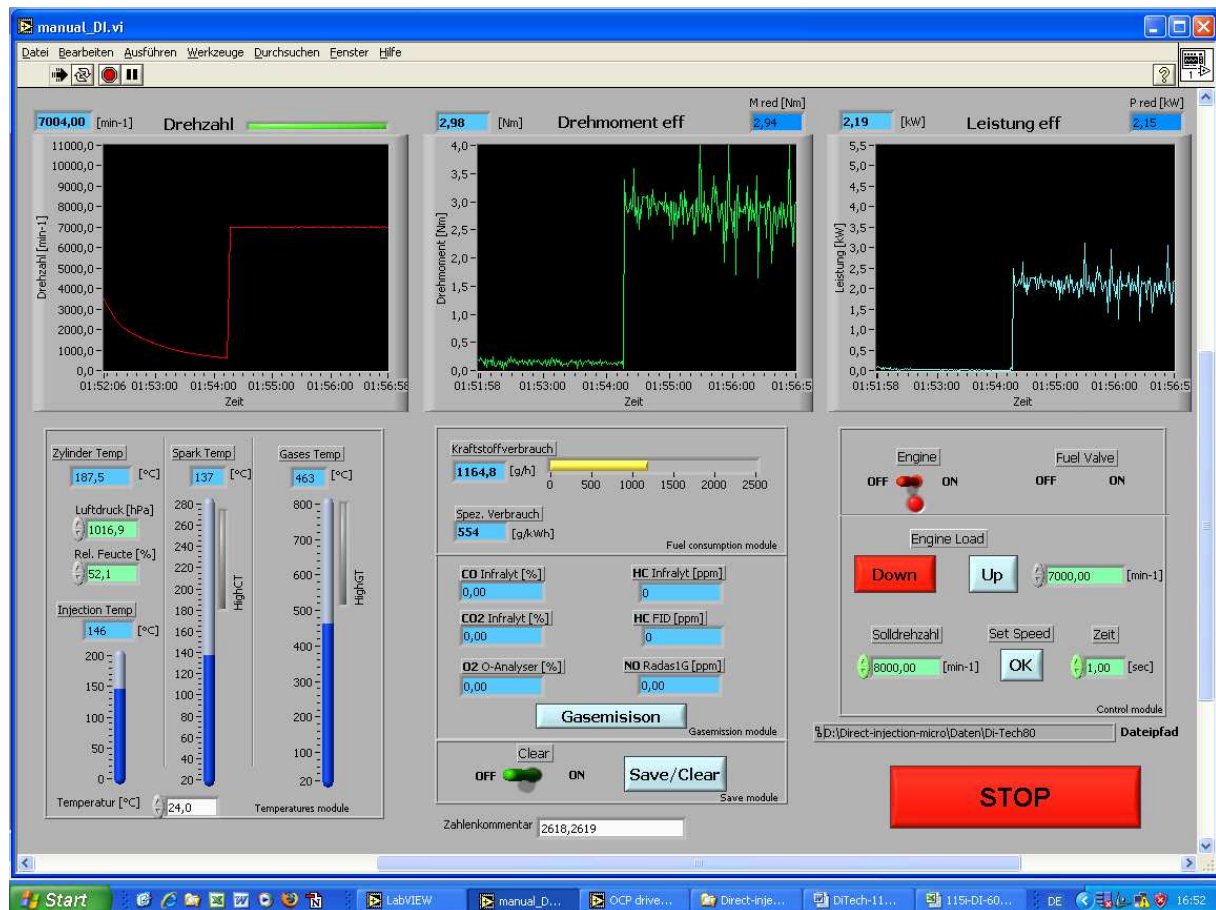


Messung 15 am 28.06.2011 Drehzahl: 7000 min<sup>-1</sup>: starke Drehmomentsprünge  
 Fuel Delay: 2,7ms Fuel Inject: 1,8ms Air Delay: 2,7ms Air Inject: 1,9ms



Messung 16 am 28.06.2011 Drehzahl: 7000 min<sup>-1</sup>: erst ruhiger, später unruhiger  
 Fuel Delay: 2,6ms Fuel Inject: 1,6ms Air Delay: 2,6ms Air Inject: 1,7ms

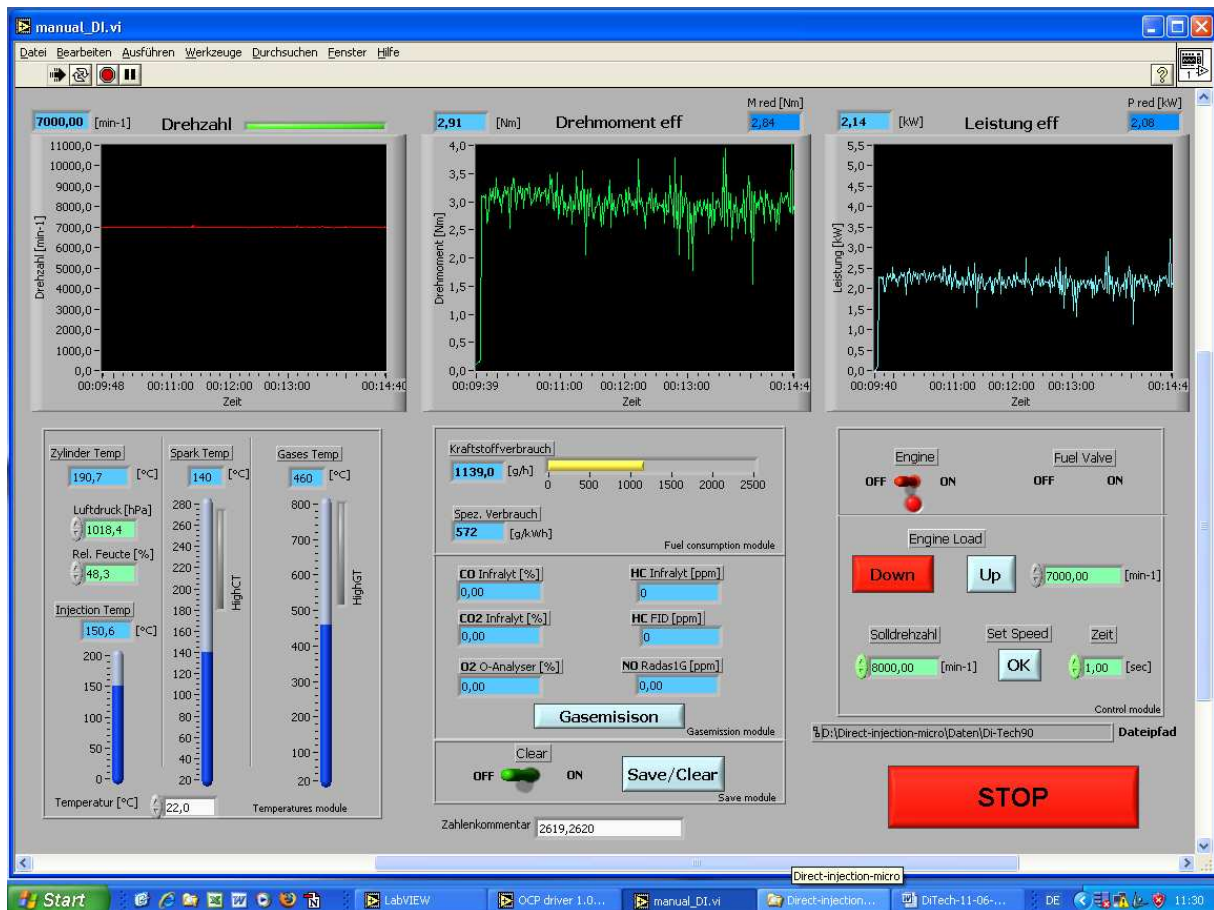




Messung 17 am 28.06.2011 Drehzahl: 7000 min<sup>-1</sup>: ruhiger  
 Fuel Delay: 2,6ms Fuel Inject: 1,8ms Air Delay: 2,6ms Air Inject: 1,9ms

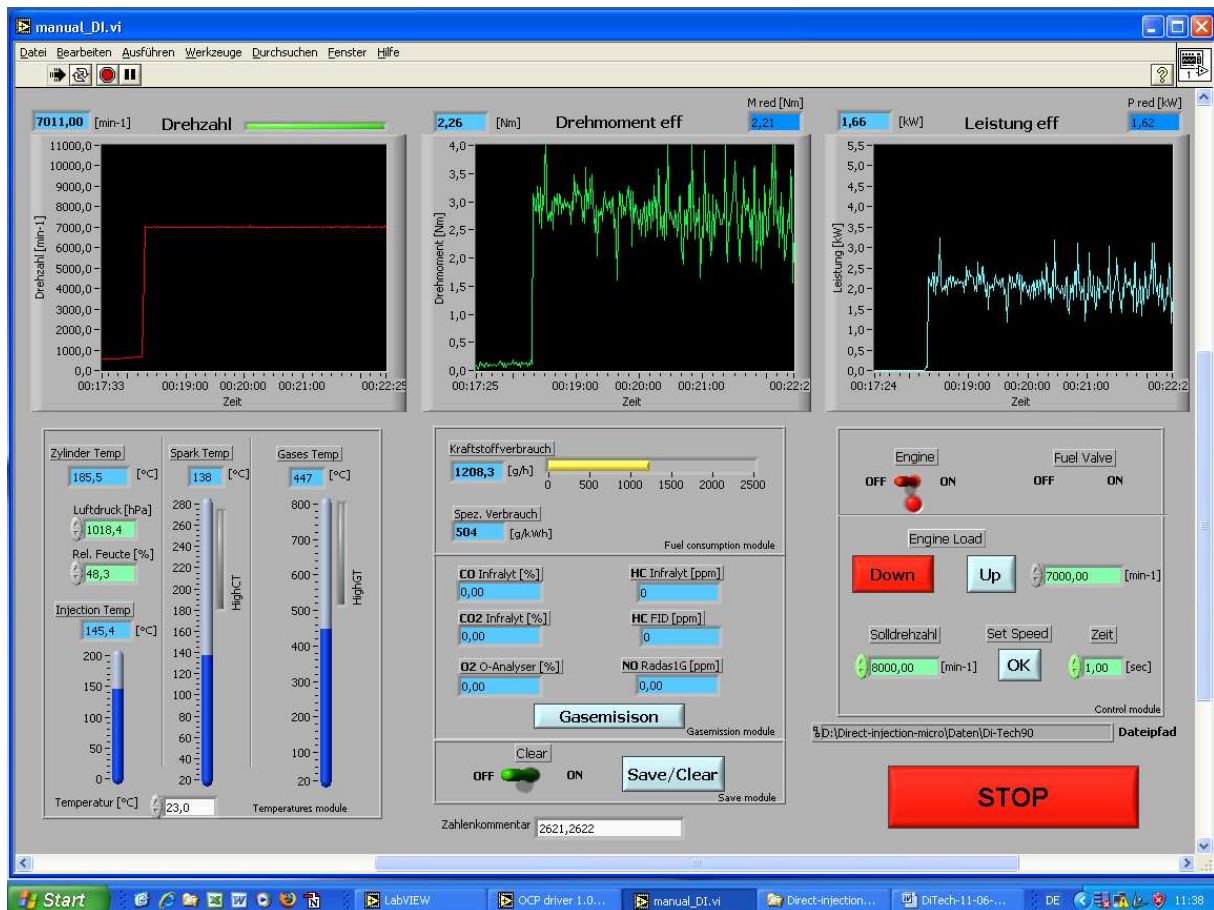
Tiempo [ms]	Retraso combustible [ms]	2,6	2,6	2,6	2,6	2,4
	Inyección combustible [ms]	1,9	2,1	2,1	2,1	2,1
	Retraso aire [ms]	2,6	2,6	2,6	2,4	2,4
	Inyección aire [ms]	2	2,2	2,4	2,4	2,2
Resultado de las mediciones	Revoluciones [min <sup>-1</sup> ]	7000	7000	7000	7000	7000
	Rendimiento [Nm]					
	Par [kW]					
	Consumo [g/h]					
Temperatura [°C]	Cilindro [° C]					
	Bujía [° C]					
	Escape [° C]					
	Inyección [° C]					
Comentarios	Instantes iniciales	Par sobre 3 Nm gráfica con picos normales y bastante horizontal. Ls picos no son exagerados.	Alto par inicial llegando a 4Nm.  Gráfica con más picos y menos horizontal.	Arranca a la 6ª vez.  Gráfica desde el principio con muchos picos y con un alto consumo de 1250 g/h.	Par inicial tb muy alto aunque gráfica con muchos picos.  Las Temperaturas bajan y el consumo sume.	Gráfica con menos picos aunque parece que va descendiendo poco a poco.
	Con motor en funcionamiento	Petardea un poco.  La Tgas está por debajo de 500°C  Se cala al final.	Temperatura un poco por encima de 400°C.  Mayor petardeo aunque menos continuo.	Se cala.		De todas formas, el apr está sobre 3Nm. y el de Dolmar sobre 2.8Nm.  Tgas sobre 450°C
	Duración		Picos muy elevados de par por encima de 4Nm aunque también llegando a 1.7Nm.			

Tiempo [ms]	Retraso combustible [ms]	2,2	2,0	1,8		
	Inyección combustible [ms]	2,1	2,1	2,1		
	Retraso aire [ms]	2,2	2,0	1,8		
	Inyección aire [ms]	2,2	2,2	2,2		
Resultado de las mediciones	Revoluciones [min <sup>-1</sup> ]	7000	7000	7000	7000	7000
	Rendimiento [Nm]					
	Par [kW]					
	Consumo [g/h]					
Temperatura [°C]	Cilindro [° C]					
	Bujía [° C]					
	Escape [° C]					
	Inyección [° C]					
Comentarios	Instantes iniciales	Gráfica con menos picos y mayor par y rendimiento que la anterior.	Picos solo hacia abajo al principio, aunque pocos.	Gráfica muy buena al principio. Muy horizontal y por encima de 3Nm pero de repente ruidos muy raros así que paramos.	No se pone en marcha. Comprobamos que todo esta bien sujeto. Apretamos todos los tornillos.	
	Con motor en funcionamiento	Las Temperaturas tb son bajas.	Se mantiene mas o menos horizontal con picos normales.	Intentamos mantener encendida pero se cala.		
	Duración	Empieza a haber más picos a partir del min 1.	Tgas sube un poco hasta 450°C El consumo esta por 1222 g/h	Baja rendimiento y par mucho con gráfica muy extraña.		



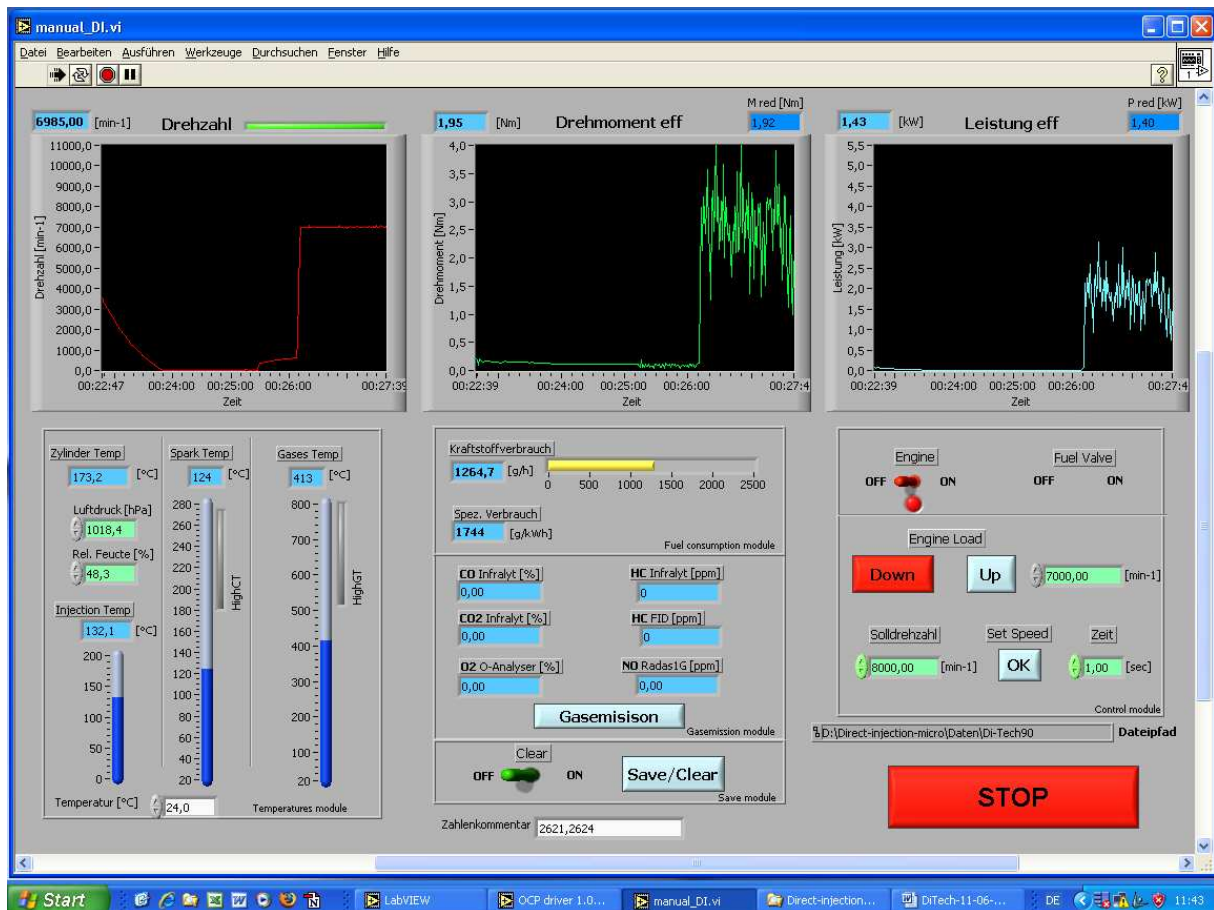
Messung 1 am 30.06.2011 Drehzahl: 7000 min<sup>-1</sup>:

Fuel Delay: 2,6 ms Fuel Inject: 1,9 ms Air Delay: 2,6 ms Air Inject: 2,0 ms

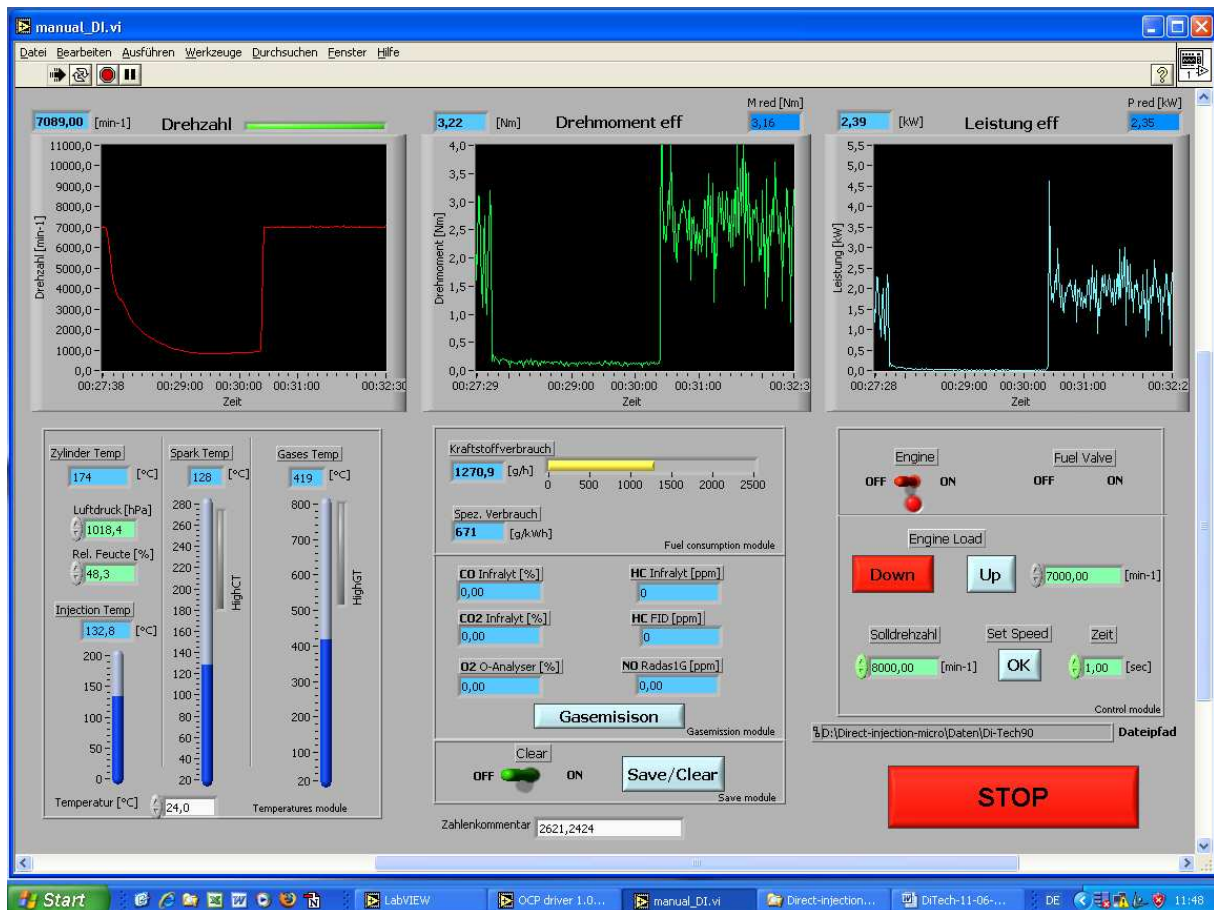


Messung 2 am 30.06.2011 Drehzahl: 7000 min<sup>-1</sup>:

Fuel Delay: 2,6 ms Fuel Inject: 2,1 ms Air Delay: 2,6 ms Air Inject: 2,2 ms



Messung 3 am 30.06.2011 Drehzahl: 7000 min<sup>-1</sup>: sehr wechselnde Drehzahl  
 Fuel Delay: 2,6 ms Fuel Inject: 2,1 ms Air Delay: 2,6 ms Air Inject: 2,4 ms



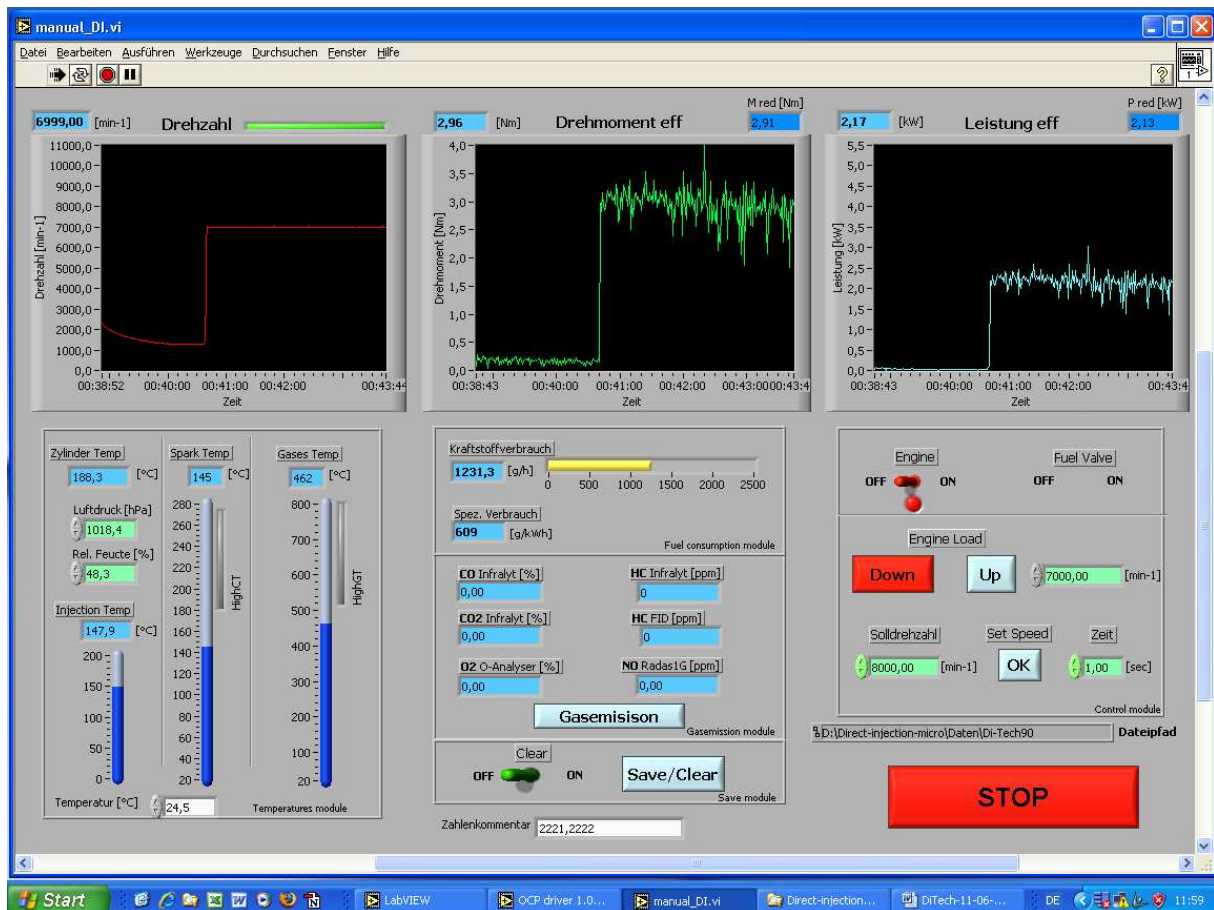
Messung 4 am 30.06.2011 Drehzahl: 7000 min<sup>-1</sup>: von Beginn an wechselnd  
 Fuel Delay: 2,6 ms Fuel Inject: 2,1 ms Air Delay: 2,4 ms Air Inject: 2,4 ms





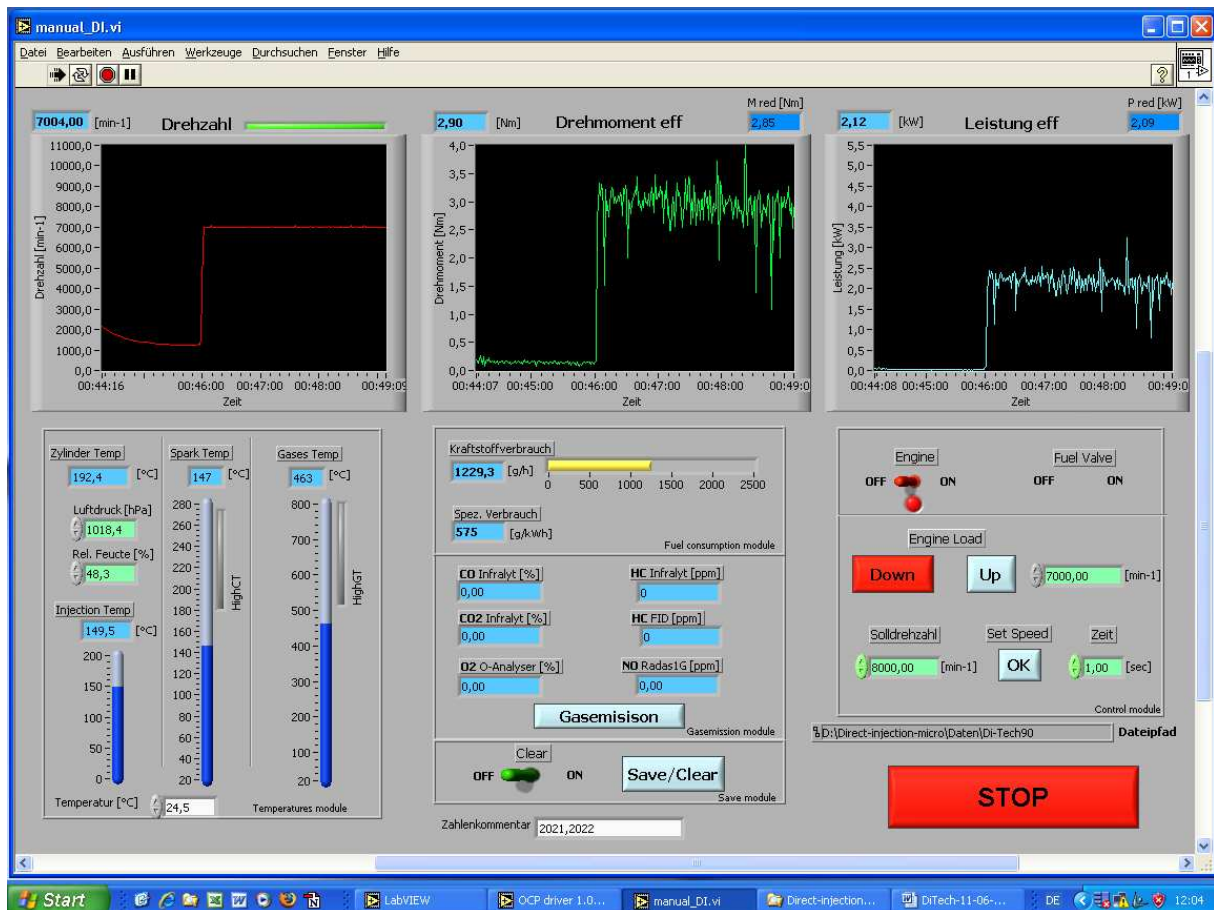
Messung 5 am 30.06.2011 Drehzahl: 7000  $\text{min}^{-1}$ :

Fuel Delay: 2,4 ms Fuel Inject: 2,1 ms Air Delay: 2,4 ms Air Inject: 2,2 ms



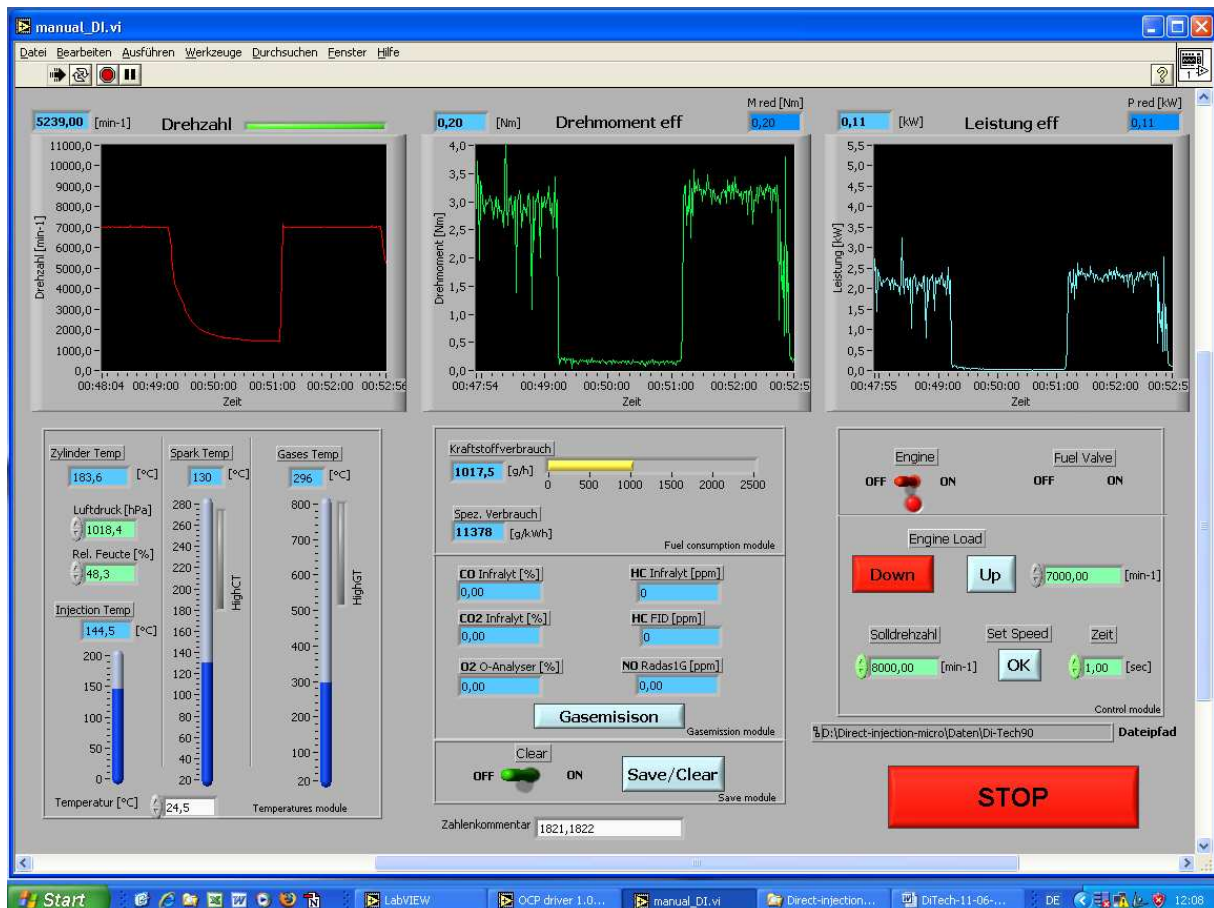
Messung 6 am 30.06.2011 Drehzahl: 7000  $\text{min}^{-1}$ :

Fuel Delay: 2,2 ms Fuel Inject: 2,1 ms Air Delay: 2,2 ms Air Inject: 2,2 ms



Messung 7 am 30.06.2011 Drehzahl: 7000  $\text{min}^{-1}$ :

Fuel Delay: 2,0 ms Fuel Inject: 2,1 ms Air Delay: 2,0 ms Air Inject: 2,2 ms



Messung 8 am 30.06.2011 Drehzahl: 7000  $\text{min}^{-1}$ : Abbruch Drehmoment fehlt

Fuel Delay: 1,8 ms Fuel Inject: 2,1 ms Air Delay: 1,8 ms Air Inject: 2,2 ms

Messung 9 am 30.06.2011   Drehzahl: 7000 min<sup>-1</sup>:   geplant  
Fuel Delay: 1,6 ms   Fuel Inject: 2,1 ms   Air Delay: 1,6 ms   Air Inject: 2,2 ms